MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

GH. LIXANDRU
C. CARAMETE
CR. HERA

N. MARIN
Z. BORLAN

L. CALANCEA
M. GOIAN
C. RĂUȚĂ

AGROCHIMIE

Scanned with OKEN Scanner

MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Prof. dr. Gh. LIXANDRU
Conf. dr. C. CARAMETE
Dr. doc. Cr. HERA

Conf. dr. N. MARIN
Dr. doc. Z. BORLAN

Prof. dr. L. CALANCEA
Șef. lucr. dr. M. GOIAN
Dr. C. RĂUȚĂ

AGROCHIMIE

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI ~ 1990

Scanned with OKEN Scanner

Lucrarea a fost avizată favorabil pentru publicare de către colectivele de catedră și consiliile profesorale de la facultățile de profil din țară și de Biroul Senatului Institutului Agronomic din Iași.

Coordonatorii lucrării:
— Prof. dr. GH. LIXANDRU
— Conf. dr. C. CARAMETE

Redactor: ing. TEODORA DRAGOMIR cu sprijinul colectivului de la chimie
Tehnoredactor: OTTO PARASCHIV NECȘOIU
Grafician: NICOLAE SÎRBU

AGROCHEMISTRY

Scanned with OKEN Scanner

PREFAȚĂ

Agricultura ultimei jumătăți de secol a fost angajată într-o cursă gigantică pentru creșterea nivelului recoltelor obținute pe unitatea de suprafață, în special în țările cu economie avansată. Numeroase institute de cercetare, oameni de știință de diverse specialități din domeniul biologiei, chimiei și agronomiei au fost antrenați în acest efort imens de depășire a limitelor lente de creștere a nivelului recoltelor, caracteristice agriculturii tradiționale. Expansiunea demografică a constituit principalul stimulent al acestui interes major, impus de necesitatea asigurării trebuințelor de hrană, îmbrăcăminte și adăpost pentru o populație în continuă creștere numerică. O asemenea sporire a productivității în agricultură s-a datorat folosirii pe scară largă a proceselor de mecanizare și chimizare (în primul rînd prin folosirea îngrășămintelor minerale și a pesticidelor), a dezvoltării lucrărilor de conservare a fondului funciar și a celor de îmbunătățire a fondului genetic al diverselor specii de plante cultivate prin tehnici de ameliorare a productivității acestora. S-a ajuns la „agricultura intensivă" contemporană, caracterizată printr-un consum ridicat de energie fosilă pe unitatea de suprafață, datorită cheltuielilor efectuate pentru obținerea industrială a îngrășămintelor minerale, a pesticidelor și a altor preparate chimice indispensabile procesului de producție agricolă, pentru aplicarea lor pe teren. La acestea se adaugă cheltuielile pentru efectuarea lucrărilor de mecanizare a lucrărilor de întreținere a culturilor și de lucrare a solului.

Mecanizarea și chimizarea au micșorat procentul populației active ocupată în această ramură a economiei sociale — agricultura —, înlocuind exploatațiile bazate pe o anumită succesiune a culturilor și pe creșterea extensivă a animalelor, cu altele în care se practică o rotație simplificată între culturi neleguminoase, sau care practică monocultura.

Este unanim recunoscut că lucrările de chimizare a agriculturii își aduc contribuția cea mai însemnată la realizarea sporului general de recoltă datorat tehnologiilor ce se desfășoară cu consum de energie fosilă. Aceasta explică preocuparea permanentă a diverselor organisme internaționale și a celor statale pentru promovarea tehnologiilor de care depinde în primul rînd creșterea randamentului pe unitatea de suprafață agricolă.

Consumul resurselor naturale de materiale și energie a creat, pe de altă parte, o încordare extremă între activitatea economică și mediul natural, exprimată prin tendința de epuizare a unor resurse naturale, prin apariția fenomenelor de poluare și deteriorare a unor factori de mediu natural. Asemenea probleme și-au găsit o anumită reflectare în preocupările tot mai largi ale factorilor de decizie cu caracter național sau internațional, fiind prezente pe ordinea de zi a Organizației Națiunilor Unite și a altor forumuri internaționale sau naționale. Dezbateri ca cele inițiate de „Clubul de la Roma", începînd din 1968, în jurul a ceea ce s-a numit ulterior „problemele globale ale omenirii" au meritul de a demonstra că aspectele de care depind diverse domenii ale vieții sociale sînt probleme comune ale întregii omeniri și că ele trebuie rezolvate atît la nivel național cît și pe scară planetară.

În agricultura țării noastre, consumul de îngrășăminte minerale a crescut substanțial în ultimile trei decenii; din nefericire, o mare parte din producția internă a îngrășămintelor a fost destinată exportului, ceea ce a făcut ca nevoile reale

Scanned with OKEN Scanner

ale agriculturii țării noastre să nu fie integral acoperite. A fost dezvoltat sortimentul îngrășămintelor complexe solide, iar în viitor se preconizează punerea unui accent mai ridicat pe obținerea de îngrășăminte lichide destinate aplicării în sol sau pe plante.

Statele industrializate (S.U.A., Marea Britanie, Franța, etc.) folosesc în agricultura lor peste 90% din fosfor și potasiu sub forma îngrășămintelor complexe, solide sau lichide, iar ponderea azotului în asemenea îngrășăminte ajunge la 30—50% din total. Un asemenea sortiment de îngrășăminte se intenționează a fi dezvoltat și în țara noastră.

Manualul de *Agrochimie* prezentat în această ediție încearcă să răspundă cerințelor impuse societății contemporane de criza de materii prime și de energie, prin punerea la îndemîna cititorului a informațiilor utile din punct de vedere practic. Sînt arătate metodele, mijloacele și momentele optime de aplicare a îngrășămintelor în sol sau pe plante pentru realizarea de efecte maxime, funcție de cultură, asolament, irigare, tipul de sol.

Cunoașterea temeinică a principiilor de nutriție a plantelor, a relațiilor de interdependență dintre sol, plante și îngrășămintele sau amendamentele folosite în agricultură constituie o necesitate pentru specialistul cu preocupări practice.

Exploatarea intensivă a solului conduce la scăderea rezervei de humus și, prin urmare, la micșorarea fertilității acestuia dacă nu se întreprind măsuri corespunzătoare de refacere a humusului. De aceea, o atenție deosebită s-a acordat folosirii raționale a îngrășămintelor organice provenite din sectorul zootehnic, în scopul fertilizării solului cu elemente minerale dar și al refacerii substanței organice din sol prin urmărirea bilanțului humusului. În același scop este tratată posibilitatea valorificării ca îngrășământ și sursă de materie organică a nămolurilor provenite de la epurarea apelor uzate, orășenești sau industriale, a composturilor ce se pot obține din resturi vegetale sau menajere etc.

O atenție specială s-a acordat particularităților de fertilizare a diverselor specii de cultură, metodologiilor agrochimice de investigare a fertilității solului prin teste specifice fiecărui sector agricol, în scopul folosirii raționale a îngrășămintelor, evitării risipei de energie și a fenomenului de poluare.

Elaborarea acestui manual a fost făcută de un colectiv interuniversitar de cadre didactice de la disciplinele de profil, cu participarea unor specialiști din cercetare, consacrați în domeniul agrochimiei. Prin conținutul său, lucrarea se adresează studenților de la facultățile de Agronomie și Horticultură, putînd fi consultat, cu deplin folos, și de specialiștii din producție, de cercetătorii ce activează în stațiuni experimentale, de biologi, chimiști sau de alți specialiști angajați în problematica științifică sau practică legată de obținerea și utilizarea îngrășămintelor și a altor preparate chimice destinate agriculturii din țara noastră.

Prof. dr. GH. LIXANDRU
Conf. dr. C. CARAMETE

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

Prefață 3

1. OBIECTUL ȘI DEZVOLTAREA AGROCHIMIEI CA ȘTIINȚĂ (prof. dr. Gh. Lixandru)..... 10

1.1. Legi și principii utilizate în agrochimie..... 10
1.2. Problemele agrochimiei în contextul societății contemporane 12

2. BAZELE AGROCHIMICE ALE FERTILIZĂRII ÎN RAPORT CU CERINȚELE PLANTELOR (prof. dr. L. Calancea)..... 18

2.1. Compoziția chimică a plantelor 18
2.2. Absorbția radiculară a elementelor nutritive 27

3. SOLUL CA MEDIU DE NUTRIȚIE PENTRU PLANTE ȘI APLICAREA ÎNGRĂȘĂMINTELOR (prof. dr. Gh. Lixandru) 37

3.1. Fracțiunea minerală a solului .. 37
3.2. Fracțiunea organică a solului și însușirile ei 40
3.3. Soluția solului. Factorii care controlează accesibilitatea elementelor 46
3.4. Adsorbția cu schimb de cationi și importanța sa agrochimică 48
3.5. Adsorbția anionilor 53
3.6. Adsorbția fără schimb a cationilor 54
3.7. Activitatea ionilor 55
3.8. Potențiale chimice. Factorii intensitate și capacitate 55
3.9. Produsul de solubilitate a sărurilor greu solubile 57
3.10. Izoterme de adsorbție 58
3.11. Reacția solului 59
3.12. Puterea de tamponare a solului și semnificația sa agrochimică 63
3.13. Fenomene de oxidoreducere în sol 64

4. CORECTAREA REACȚIEI SOLURILOR PRIN AMENDAMENTE 66

4.1. Corectarea reacției acide a solurilor (prof. dr. Gh. Lixandru, dr. doc. Z. Borlan și dr. doc. Cr. Hera) 66
4.2. Corectarea reacției și a conținutului de săruri din solurile saline și alcaline (prof. dr. Gh. Lixandru și conf. dr. N. Marin) 80

5. AGROCHIMIA ÎNGRĂȘĂMINTELOR 89

5.1. Clasificarea îngrășămintelor, caracteristici, producție și consum (prof. dr. Gh. Lixandru și conf. dr. C. Caramete) 89
5.2. Agrochimia azotului (conf. dr. C. Caramete) 93
5.2.1. Azotul în viața plantelor 94
5.2.2. Azotul în sol 98
5.2.3. Îngrășăminte cu azot obținute industrial 108
5.3. Agrochimia fosforului (conf. dr. C. Caramete)..... 123
5.3.1. Fosforul în viața plantelor 123
5.3.2. Fosforul în sol 127
5.3.3. Îngrășăminte industriale cu fosfor 133
5.4. Agrochimia potasiului (prof. dr. L. Calancea) 146
5.4.1. Potasiul în plantă 146
5.4.2. Potasiul în sol 149
5.4.3. Îngrășăminte cu potasiu.. 154
5.5. Agrochimia macroelementelor de ordin secundar (S, Mg, Ca) (conf. dr. N. Marin)..... 161
5.5.1. Agrochimia sulfului 161
5.5.2. Agrochimia magneziului.. 166
5.5.3. Agrochimia calciului 170
5.6. Agrochimia microelementelor(prof. dr. L. Calancea) 173
5.6.1. Agrochimia ferului (prof. dr. Gh. Lixandru) .. 173
5.6.2. Agrochimia borului 176
5.6.3. Agrochimia cuprului 179
5.6.4. Agrochimia manganului .. 181
5.6.5. Agrochimia molibdenului 185
5.6.6. Agrochimia zincului 188
5.6.7. Agrochimia cobaltului .. 191
5.7. Agrochimia îngrășămintelor cu mai multe elemente esențiale (prof. dr. Gh. Lixandru) 193
5.7.1. Agrochimia îngrășămintelor complexe solide 195
5.7.2. Agrochimia îngrășămintelor complexe lichide 202
5.7.3. Îngrășăminte mixte 205
5.7.4. Îngrășăminte ionitice (organo-minerale) 207
5.8. Păstrarea îngrășămintelor chimice (conf. dr. N. Marin).. 208
5.9. Îngrășăminte organice naturale (prof. dr. Gh. Lixandru) 212
5.9.1. Gunoiul de grajd 213
5.9.2. Tulbureala (nămolul) de bovine 226
5.9.3. Nămolurile de decantare .. 229
5.9.4. Urina și mustul de gunoi de grajd 231
5.9.5. Dejecțiile din sectorul avicol 231

Scanned with OKEN Scanner

5.9.6. Nămolurile provenite de la epurarea apelor uzate orășenești 232
5.9.7. Compostul din resturi organice gospodărești 234
5.9.8. Folosirea paielor nefermentate ca îngrășământ 235
5.9.9. Îngrășămintele verzi 235
5.9.10. Îngrășăminte din turbă .. 236
5.9.11. Compostul din coajă de rășinoase 237
5.9.12. Obținerea biogazului .. 238
5.10. Îngrășămintele și calitatea recoltei (conf. dr. C. Carametc) 241

6. CONTROLUL FERTILITĂȚII SOLULUI PRIN PROCEDEE AGROCHIMICE (prof. dr. Gh. Lixandru) 249
6.1. Controlul fertilității prin analiza solului..... 250
6.2. Analiza chimică a plantei, mijloc de control al stării de nutriție 258
6.3. Controlul fertilității solurilor prin experiențe cu îngrășăminte 261

7. STABILIREA DOZELOR DE ÎNGRĂȘĂMINTE 271
7.1. Stabilirea producției probabile (prof. dr. L. Calancea) .. 272
7.2. Criterii de stabilire a dozelor de îngrășăminte (prof. dr. Gh. Lixandru) 273
7.3. Procedee de stabilire a dozelor de îngrășăminte (prof. dr. Gh. Lixandru)..... 275
7.3.1. Stabilirea dozelor de îngrășăminte organice (prof. dr. Gh. Lixandru) .. 275
7.3.2. Stabilirea dozelor de îngrășăminte pe baza ecuațiilor de tip Mitscherlich (prof. dr. Gh. Lixandru).. 279
7.3.3. Calculul teoretic al dozelor de îngrășăminte prin metoda bilanțului (prof. dr. L. Calancea) 284
7.3.4. Stabilirea dozelor de îngrășăminte cu azot pe baza formelor minerale (N_{min}) existente în sol (prof. dr. Gh. Lixandru)..... 288
7.3.5. Stabilirea dozelor de îngrășăminte pe baza rezultatelor experiențelor în condiții de cîmp (prof. dr. Gh. Lixandru) 289
7.3.6. Stabilirea dozelor de îngrășăminte cu ajutorul nomogramelor (prof. dr. Gh. Lixandru) 290

8. PRINCIPII DE FOLOSIRE RAȚIONALĂ A ÎNGRĂȘĂMINTELOR ÎN AGRICULTURĂ 292
8.1. Clasificarea tipurilor de îngrășare în funcție de momentul și metoda aplicării îngrășămintelor (prof. dr. Gh. Lixandru) .. 292
8.2. Factorii ce condiționează efectul îngrășămintelor (prof. dr. Gh. Lixandru) 293
8.3. Sistemul de agricultură și aplicarea îngrășămintelor (prof. dr. Gh. Lixandru) 295
8.4. Aplicarea îngrășămintelor pentru cultura intensivă a principalelor plante de cîmp (dr. doc. Z. Borlan și dr. doc. Cr. Hera) .. 296
8.5. Principii de aplicare a îngrășămintelor la pomi și arbuști fructiferi (prof. dr. Gh. Lixandru) 306
8.6. Principii de aplicare a îngrășămintelor la vița de vie (prof. dr. Gh. Lixandru) 317
8.7. Principiile aplicării îngrășămintelor în legumicultură (prof. dr. Gh. Lixandru) 320
8.7.1. Aplicarea îngrășămintelor la legume cultivate în spații neprotejate 321
8.7.2. Aplicarea îngrășămintelor la legume cultivate în spații protejate 331
8.8. Substraturi de cultivare a plantelor în condiții speciale (prof. dr. Gh. Lixandru) 337

9. PESTICIDE UTILIZATE ÎN AGRICULTURĂ (șef de lucrări dr. M. Goian) 341
9.1. Fungicide 347
9.1.1. Fungicide anorganice 347
9.1.2. Fungicide organice 350
9.1.2.1. Compuși organo-metalici.. 350
9.1.2.2. Ditiocarbamați 351
9.1.2.3. Benzimidazoli 351
9.1.2.4. Amine și amide 352
9.1.2.5. Derivați ftalimidici (dicarboximide) 352
9.1.2.6. Derivați clorbenzenici și nitroderivați 353
9.1.2.7. Diazine, heterociclice și diverse 353
9.1.2.8. Aldehide 354
9.1.2.9. Antibiotice 354
9.2. Insecticide 354
9.2.1. Insecticide organo-clorurate 355
9.2.2. Insecticide organo-fosforice 359
9.2.3. Insecticide carbamice 361
9.2.4. Piretroizi și produși de origine vegetală..... 362
9.2.5. Alte insecticide 363
9.3. Repelenți, dereglatori, atractanți, insecticide biologice 364
9.4. Acaricide 364
9.4.1. Carbinoli..... 364
9.4.2. Sulfone și sulfonați 365
9.4.3. Organo-metalice 365
9.4.4. Alte acaricide 365

Scanned with OKEN Scanner

9.5. Nematocide și sterilizanți de sol 365
9.6. Rodenticide și moluscocide.... 366
9.7. Erbicide..... 366
9.7.1. Ariloxiacizi 367
9.7.2. Compuși fenolici și toluidine 370
9.7.3. Erbicide carbamice 370
9.7.4. Derivați de uree 371
9.7.5. Derivați de triazine și diazine 372
9.7.6. Amide 373
9.7.7. Alte erbicide 374

10. REGULATORI DE CREȘTERE LA PLANTE (șef de lucrări dr. M. Goian) 375
10.1. Stimulatori de creștere 376
10.1.1. Auxine naturale și sintetice 376
10.1.2. Gibereline..... 377
10.1.3. Citochinine naturale și sintetice..... 377
10.2. Retardanți de creștere 378
10.3. Bioregulatori de creștere 379

11. POLUAREA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR ÎN CONTEXTUL CHIMIZĂRII AGRICULTURII (conf. dr. C. Caramete și dr. C. Răuță) 379
11.1. Poluarea aerului 379
11.2. Poluarea surselor de apă subterane și de suprafață 380
11.3. Poluarea solului 382
11.4. Poluarea produselor vegetale 385
Bibliografie selectivă 388

CONTENTS

Preface 3

1. THE OBJECT AND DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL CHEMISTRY AS SCIENCE (prof. dr. Gh. Lixandru) 10
1.1. Laws and principles used in agricultural chemistry 10
1.2. Agricultural problems within contemporary society 12

2. AGROCHEMICAL BASIS OF FERTILIZATION RELATED TO PLANT NUTRIENT REQUIREMENTS (prof. dr. L. Calancea) 18
2.1. Chemical composition of plants 18
2.2. Nutrient uptake by plant roots 27

3. THE SOIL AS A PLANT NUTRIENT MEDIUM AND FERTILIZER APPLICATIONS (prof. dr. Gh. Lixandru) 37
3.1. Soil mineral fractios 37
3.2. Soil organic matter 40
3.3. Soil solution. Factors conditioning nutrient availability 46
3.4. Adsorption with cation exchange 48
3.5. Anion adsorption..... 53
3.6. Adsorption without cation exachange 54
3.7. Ion activity 55
3.8. Chemical potentials. Intensity and capacity factors 55
3.9. The solubility products of heavy soluble salts 57
3.10. Adsorption isotherms 58
3.11. Soil reaction 59
3.12. Buffering capacity of the soil and its agrochemical significance 63
3.13. Reduction-oxidation phenomena in soil 64

4. SOIL IMPROVEMENT BY AMENDAMENTS (dr. doc. Z. Borlan and prof. dr. Gh. Lixandru) 66
4.1. Agrochemical improvement of acid soils (prof. dr. Gh. Lixandru, dr. doc. Z. Borlan and dr. doc. Cr. Hera) 66
4.2. Agrochemical improvement of alcaline and saline soils (prof. dr. Gh. Lixandru and conf. dr. N. Marin) 80

5. FERTILIZERS AGROCHEMISTRY 89
5.1. Fertilizers classification, production, consumption, assortments (prof. dr. Gh. Lixandru and conf. dr. C. Caramete) 89
5.2. Nitrogen fertilizers agrochemistry (conf. dr. C. Caramete) 93
5.2.1. Nitrogen in plant life 94
5.2.2. Nitrogen in soil 98
5.2.3. Industrial nitrogen fertilizer 108
5.3. Phosphorus fertilizers agrochemistry (conf. dr. C. Caramete) 123
5.3.1. Phosphorus in plant life 123
5.3.2. Soil phosphorus 127
5.3.3. Comercial phosphate fertilizers 133
5.4. Potassium fertilizers agrochemistry (prof. dr. L. Calancea) 146
5.4.1. Potassium in plant physiology 146
5.4.2. Potassium in soil 149

Scanned with OKEN Scanner

5.4.3. Potassium fertilizers 154
5.5. Secondary macroelements (S, Mg, Ca) agrochemistry (conf. dr. N. Marin) 161
5.5.1. Sulphur agrochemistry .. 161
5.5.2. Magnesium agrochemistry 166
5.5.3. Calcium agrochemistry .. 170
5.6. Micronutrients agrochemistry .. 173
5.6.1. Iron agrochemistry (prof. dr. Gh. Lixandru) 173
5.6.2. Boron agrochemistry (prof. dr. L. Calancea) 176
5.6.3. Copper agrochemistry (prof. dr. L. Calancea) 179
5.6.4. Manganese agrochemistry (prof. dr. L. Calancea) 181
5.6.5. Molibdenum agrochemistry (prof. dr. L. Calancea) 185
5 6.6. Zinc agrochemistry (prof. dr. L. Calancea) 188
5.6.7. Cobalt agrochemistry (prof. dr. L. Calancea).... 191
5.7. Multiple nutrient fertilizers agrochemistry (prof. dr. Gh. Lixandru) 193
5.7.1. Solid complex fertilizers agrochemistry 195
5.7.2. Liquid complex fertilizers agrochemistry 202
5.7.3. Mixed fertilizers 205
5.7.4. Ion exchange (ionitic) fertilizers (organomineral) .. 207
5.8. Storage of industrial fertilizers (conf. dr. N. Marin) 208
5.9. Natural organic fertilizers (prof. dr. Gh. Lixandru) 212
5.9.1. Farmyard manure 213
5.9.2. Cattle slurry 226
5.9.3. Decanted pig slurry 229
5.9.4. Liquid manure 231
5f9.5. Poultry manure 231
5.9.6. Sewage sludge as fertilizers 232
5.9.7. Garbage compost 234
5.9.8. Straws as fertilizers 235
5.9.9. Green manure 235
5.9.10. Fertilizers from peat .. 236
5.9.11. Coniferous bark compost 237
5.9.12. Biogas production 238
5.10. Fertilizers and food quality (conf. dr. C. Caramete) 241

6. SOIL FERTILITY DIAGNOSIS BY AGROCHEMICAL METHODS (prof. dr. Gh. Lixandru) 249
6.1. Soil fertility diagnosis by chemical analysis 250
6.2. Diagnosis of plant supply state for nutrient requirements 258
6.3. Soil fertility testing by fertilizers trials 261

7. FERTILIZER RATEQ ESTIMATION 271
7.1. Yield leve probability (prof. dr. L. Calancea) 272
7.2. Criteria for establishing fertilizer rates (prof. dr. Gh. Lixandru) 273
7.3. Methods for establishing fertilizer rates (prof. dr. Gh. Lixandru) 275
7.3.1. Methods for establishing organic fertilizer rates (prof. dr. Gh. Lixandru) 275
7.3.2. Mitscherlich's equation as a way for establishing fertilizer rates (prof. dr. Gh. Lixandru) 279
7.3.3. Balance method for establishing fertilizer rates (prof. dr. L. Calancea) 284
7.3.4. Mineral soil nitrogen (N_{min}) as a way for establishing nitrogen fertilizer rates (prof. dr. Gh. Lixandru) 288
7.3.5. Field experiment data as a way for establishing fertilizer rates (prof. dr. Gh. Lixandru) 289
7.3.6. Nomograms as a method for establishing fertilizer rates (prof. dr.Gh. Lixandru) 290

8. PRINCIPLES OF A RATIONAL FERTILIZER APPLICATION IN AGRICULTURE 292
8.1. Terminology related to the timing and method of fertilizer application (prof. dr. Gh. Lixandru)..... 292
8.2. Factors influencing fertilizers effect (prof. dr. Gh. Lixandru) 293
8.3. Agricultural systems and fertiliter application (prof. dr. Gh.-Lixandru) 295
8.4. Fertilizer application in intensive plant culture (dr. doc. Z. Borlan and dr. doc Cr. Hera) 296
8.5. Principles of orchard fertilization (prof. dr. Gh. Lixandru) 306
8.6. Principles of vineyard fertilization (prof. dr. Gh. Lixandru) 317
8.7. Principles of field and greenhouse vegetables fertilization (prof. dr. Gh. Lixandru) 320
8.7.1. Fertilizer application in open field grown vegetables 321
8.7.2. Fertilizer application in vegetable grown in greenhouse 331
8.8. Growth substrates (prof. dr. Gh. Lixandru) 337

9. PESTICIDES USED IN AGRICULTURE (dr. ing. M. Goian) 341
9.1. Fungicides..... 347
9.1.1. Inorganic fungicides..... 347
9.1.2. Organic fungicides 350
9.1.2.1. Organo-metalic compounds. 350

Scanned with OKEN Scanner

9.1.2.2. Dithiocarbamic compounds 351
9.1.2.3. Benzimidazolic compounds 351
9.1.2.4. Amines and amides..... 352
9.1.2.5. Phtalimidic derivates (dicarboximide) 352
9.1.2.6. Clorbenzenic derivates and nitroderivates 353
9.1.2.7. Diazines, heterocycles and others 353
9.1.2.8. Aldehydes 354
9.1.2.9. Antibiotics 354
9.2. Insecticides 354
9.2.1. Organo-clorurate insecticides 355
9.2.2. Organo-phosphoric insecticides 359
9.2.3. Carbamic insecticides 361
9.2.4. Piretroids and vegetal products 362
9.2.5. Other products 363
9.3. Repelents, dereglators, atractans, biologic insecticides .. 364
9.4. Acaricides 364
9.4.1. Carbinols 364
9.4.2. Sulfones and sulfonats .. 365
9.4.3. Organo-metalic compounds 365
9.4.4. Other products 365
9.5. Nematocides and soil sterilizers 365
9.6. Rodenticides and moluscides .. 366
9.7. Herbicides 366
9.7.1. Ariloxiacids 367
9.7.2. Fenolic compounds and toluidines 370
9.7.3. Carbamic herbicides..... 370
9.7.4. Ureea derivatives 371
9.7.5. Triazine and diazine derivatives..... 372
9.7.6. Amides 373
9.7.7. Other herbicides 374

10. PLANT GROWTH REGULATORS (dr. ing. M. Goian) 375
10.1. Growth stimulatores 376
10.1.1. Natural and syntetical auxines 376
10.1.2. Gibberellines 377
10.1.3. Natural synthetical citoquinines..... 377
10.2. Plant growth retardants 378
10.3. Different bioregulators 379

11. AGRICULTURE CHIMIZATION AND ENVIRONMENT POLLUTION PROBLEMS (conf. dr. C. Caramete and dr. C. Răuță) 379
11.1. Air pollution..... 379
11.2. Ground and surface waters pollution 380
11.3. Soil pollution 382
11.4. Food poollution 383
Selected bibliography 388

Scanned with OKEN Scanner

1. OBIECTUL ŞI DEZVOLTAREA AGROCHIMIEI CA ŞTIINŢĂ

Agrochimia este ştiinţa care se ocupă cu studiul relaţiilor de interdependenţă dintre plante, sol, îngrăşăminte şi diverse preparate chimice utilizabile în agricultură, în scopul sporirii nivelului şi calităţii recoltelor.

Principalele substanţe agrochimice sînt îngrăşămintele, amendamentele, regulatorii de creştere a plantelor, pesticidele şi erbicidele, inhibitorii de nitrificare, polimerii de structurare a solului etc. În perioada contemporană se foloseşte termenul „agricultură chimizată" tocmai pentru a caracteriza folosirea pe scară largă a substanţelor chimice în agricultură cu scopul de ridicare a nivelului şi calităţii recoltelor.

Agrochimia studiază raporturile dintre plante ca organisme vii şi solul pe care acestea trăiesc, de aceea este considerată pe de o parte ştiinţă cu caracter biologic (agronomic), pe de alta este o ştiinţă cu specific chimic.

Ca *ştiinţă biologică*, agrochimia se ocupă de plante ca organisme vii ce pot transforma, folosind energia luminii solare, dioxidul de carbon din atmosferă, apa şi diverse elemente minerale, în compuşi organici complecşi utilizabili de către om animale şi de microorganismele din sol.

Existenţa regnului animal depinde în întregime de proprietatea fotosintetizantă a plantelor. Omul exercită influenţa sa asupra factorilor exogeni plantei, prin reglarea umidităţii solului, a însuşirilor sale fizice şi chimice, prin combaterea dăunătorilor vegetali sau animali etc.

Literatura de specialitate (P e t e r, 1980) menţionează că peste 40% din suma sporurilor de recoltă date de factorii asupra cărora intervine omul provine din aplicarea îngrăşămintelor şi amendamentelor. Dezvoltarea unui aparat foliaceu bogat, în urma aplicării îngrăşămintelor, măreşte posibilitatea plantelor de bioconversie a energiei solare. Se apreciază (H a 11, 1948) că la nivel planetar, plantele fixează zilnic prin fotosinteză circa 20 mil. t carbon în compuşi organici, ceea ce revine la 1 300 kg C/ha, folosind pentru prelucrare circa 42^{17} KJ proveniţi din energia luminii solare. Selecţionarea sau crearea de soiuri şi hibrizi cu capacitate ridicată de fotosinteză înseamnă valorificarea superioară a îngrăşămintelor aplicate solului.

Ca *ştiinţă chimică*, agrochimia studiază însuşirile chimice şi fizico-chimice ale solului în legătură cu utilizarea raţională a îngrăşămintelor şi amendamentelor, cercetează circuitul substanţelor nutritive din sol, posibilităţile de reglare a regimului nutritiv pe baza cunoaşterii legilor ce guvernează nutriţia plantelor. Agrochimia dezvoltă metode proprii pentru controlul stării de fertilitate a solului, de asigurare a acestuia cu elementele necesare nutriţiei plantelor, studiază modul cum se reflectă însuşirile fizico-chimice ale solului asupra calităţii recoltelor.

Agrochimia este atît o disciplină teoretică, cît mai ales una cu caracter aplicativ. Un obiectiv important al acestei discipline este obţinerea de sortimente noi de îngrăşăminte, ieftine, al căror coeficient de valorificare de către plante să fie ridicat. Caracterul aplicativ rezultă şi din faptul că are în obiectiv probleme ce privesc protecţia solului, a plantelor şi în general a mediului ambiant împotriva poluării.

1. 1. LEGI ŞI PRINCIPII UTILIZATE ÎN AGROCHIMIE

Orice ştiinţă se sprijină, în cercetările pe care le efectuează, pe anumite legi şi principii specifice. Acumularea de cunoştinţe privitoare la nutriţia minerală a plantelor, la starea de fertilitate a solului, la semnificaţia diverselor specii de microorganisme din sol în circuitul şi mobilitatea substanţelor minerale au îndemnat pe

Scanned with OKEN Scanner

numeroşi oameni de ştiinţă să formuleze anumite legi şi principii, a căror cunoaştere poate servi la obţinerea unor producţii mari pe unitatea de suprafaţă. În decursul timpului, unele din aceste legi şi principii au fost supuse la diverse interpretări, uneori corecte, alteori mai puţin corecte, atribuindu-li-se o semnificaţie ideologică. Cîteva din aceste legi şi principii cu semnificaţie practică sînt următoarele:

Principiul restituirii elementelor nutritive exportate din sol o dată cu recolta. A fost formulat în secolul trecut de Boussingault şi fundamentat de Liebig, în cartea care l-a consacrat ca autor al teoriei nutriţiei minerale a plantelor. El se referă la faptul că plantele din culturi, consumînd ioni nutritivi pentru formarea recoltei, epuizează solul în elementele ce pleacă de pe acesta o dată cu recolta, aceasta conducînd treptat la scăderea fertilităţii solului. Ideea utilizării cenuşii ca îngrăşămînt constituie germenele acestui principiu, deoarece în cenuşă se găsesc, într-o formă minerală, toate elementele consumate de plante din sol, cu excepţia azotului, a clorului şi parţial a sulfului.

Principiul restituirii urmăreşte „menţinerea" stării de fertilitate a solului la un nivel ridicat. Aplicarea lui în practică depinde de o multitudine de factori. În sistemul de agricultură intensivă, în care gospodăriile mixte, bazate pe o anumită succesiune a culturilor şi pe creşterea animalelor, au fost înlocuite cu întreprinderi specializate pentru culturi de cîmp, zootehnie, viticultură, legume etc., principiul restituirii în sol a elementelor minerale exportate cu recolta, prin folosirea îngrăşămintelor organice, este greu de realizat. Intervenţia omului prin îngrăşăminte chimice, în scopul refacerii echilibrului nutritiv al solului, constituie o practică indispensabilă. Neutilizarea îngrăşămintelor organice pe terenuri la care s-a practicat monocultura poate contribui la scăderea conţinutului de humus, unul din constituenţii importanţi de care depinde fertilitatea solului.

Crearea de soiuri şi hibrizi cu capacitate ridicată de bioconversie a energiei solare presupune nu „menţinerea" fertilităţii solului la un anumit nivel, ci ridicarea acesteia, prin aport de îngrăşăminte, lucrări tehnologice adecvate, irigare etc. spre a satisface pretenţiile genetice de productivitate ridicată ale acestor soiuri.

Legea minimului, a maximului şi a optimului. A fost formulată de H. Hellriegel (1831—1895) astfel: dacă unul din factorii de vegetaţie (apă, temperatură, lumină, elemente minerale) se află în cantitate minimă sau lipseşte, dezvoltarea plantelor, deci şi nivelul recoltelor, depinde de starea acestuia. Privitor la elementele nutritive din sol, mărimea recoltei va fi condiţionată de elementul ce se află în cantitatea cea mai mică. O imagine plastică a fost redată printr-un vas cu pereţii confecţionaţi din lemn — un butoi în poziţie verticală, pe fiecare doagă a acestuia fiind scris numele unui element nutritiv necesar plantelor (fig. 1.1). Nivelul maxim al lichidului (recoltei) din vas depinde de doaga cu înălţimea cea mai mică. Dacă elementul nutritiv aflat în cantitate minimă în sol este completat prin adaos de îngrăşăminte, nivelul producţiei creşte într-o anumită măsură, pînă cînd un alt element va limita sporirea acesteia prin faptul că a devenit factor minim de creştere. Un asemenea mod de interpretare a acestei legi îşi păstrează valabilitatea şi astăzi. Dimensiunile reale ale factorului minim depind şi de sistemul de agricultură. În agricultura tradiţională, practicată fără aport de îngrăşăminte chimice şi soiuri sau hibrizi de înaltă productivitate, factorul minim de creştere, reprezentat prin conţinutul solului în azot, permitea obţinerea unei producţii medii de grîu boabe de 1200 kg/ha, în timp ce în sistemul de agricultură intensivă acelaşi factor limitant al producţiei permite obţinerea de 5 t/ha boabe de grîu.

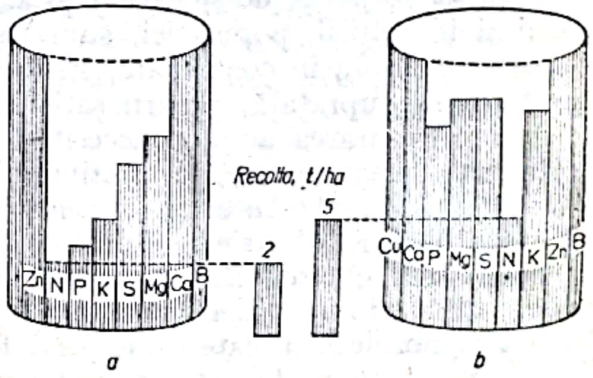


Fig. 1.1. Nivelul recoltei în cazul agriculturii tradiţionale (*a*) şi a agriculturii intensive (*b*), în funcţie de mărimea factorului minim.

Scanned with OKEN Scanner

Legea minimului a fost asociată în mod indispensabil cu o lege a *maximului*. Formularea acesteia a căutat să demonstreze că dacă un factor de creştere se află în cantitate prea mare, el influenţează nefavorabil creşterea plantelor, scade recolta sau produce chiar moartea plantelor. Aşa se întîmplă, de exemplu, cînd solul are exces de umiditate sau cînd un element nutritiv se află în concentraţie atît de ridicată în soluţia solului încît devine toxic pentru organismul vegetal (exemplu, pe soluri sărăturate). Între nivelurile minime şi maxime ale unui element nutritiv din sol se întîlneşte un *nivel optim*, care asigură cea mai bună dezvoltare a plantelor şi a cărui mărime se realizează prin măsuri agrochimice.

Legea minimului, a maximului şi a optimului a stat o perioadă îndelungată de timp în atenţia multor oameni de ştiinţă (E. A. Mitscherlich, Gh. Ionescu-Şişeşti, E. von Boguslawski, N. Atanasiu).

Legea echivalenţei (egalei importanţe) factorilor de vegetaţie sugerează că fiecare factor (element nutritiv) are semnificaţia sa biologică în dezvoltarea organismelor vegetale, unul din factori neputînd fi substituit prin altul. Se cunosc numai substituţii parţiale privind funcţiile biochimice ale elementelor nutritive, însă substituţii totale nu pot avea loc. Aceasta se întîmplă deoarece, pe anumite trepte din metabolismul organismului vegetal, sistemele enzimatice pot fi catalizate, uneori, de două sau mai multe elemente nutritive. Condiţiile de umiditate, de temperatură şi intensitate luminoasă îşi au semnificaţia lor în manifestarea legii cu privire la egala importanţă a elementelor nutritive în nutriţia şi dezvoltarea plantelor.

Legea interdependenţei factorilor de creştere se referă la faptul că elementele nutritive din soluţia solului se intercondiţionează, insuficienţa unuia dintre ele putînd duce la slaba utilizare a altora. Astfel, insuficienţa anumitor microelemente conduce la slaba sinteză a compuşilor proteici, a lipidelor etc. din organismul vegetal. Raporturile ce se stabilesc între diversele specii de ioni din soluţia solului se răsfrîng nemijlocit asupra absorbţiei acestora în rădăcinile plantelor. Un raport neechilibrat între Ca/Fe sau Fe/Mn duce la profunde dereglări de nutriţie, ce se manifestă prin semne evidente de clorozâ, cu scăderi semnificative de recoltă sau cu dispariţia plantelor. Analiza însuşirilor chimice ale solului, a mobilităţii diverselor specii de ioni nutritivi urmăreşte evitarea unor asemenea fenomene.

În descifrarea modului de manifestare a acestor legi, agrochimia face uz de metode proprii de cercetare, cu ajutorul cărora se rezolvă probleme de importanţă teoretică sau aplicativă.

Cunoaşterea, străpînirea şi dirijarea proceselor cu privire la ridicarea fertilităţii solurilor şi nutriţiei echilibrate a plantelor se poate face prin respectarea tuturor legilor pe care se sprijină ecosistemul artificial creat de om.

1.2. PROBLEMELE AGROCHIMIEI ÎN CONTEXTUL SOCIETĂŢII CONTEMPORANE

Căi şi mijloace de sporire a producţiei agricole. Pe măsura dezvoltării agriculturii şi înmulţirii populaţiei, suprafaţa arabilă ce revine pe locuitor s-a micşorat şi se va micşora în continuare. Este nevoie de o creştere evidentă a producţiei pe unitatea de suprafaţă, pentru satisfacerea cerinţelor materiale tot mai mari ale societăţii. Asigurarea acestor necesităţi s-ar putea efectua într-o anumită măsură, prin extinderea suprafeţelor cultivate. Această cale de creştere a producţiei agricole este posibilă numai în anumite regiuni ale lumii (America de Sud, Africa Centrală, Estul şi Sud-Estul Asiei). Pe măsura extinderii agriculturii pe terenuri puţin propice acesteia, cheltuielile ce revin pe unitatea de produs obţinut ca hrană sau furaj devin din ce în ce mai ridicate.

Prognozele efectuate de experţi FAO duc la concluzia că şi în această alternativă, suprafaţa arabilă ce revine unui locuitor va continua să scadă (fig. 1.2).

S-au propus mai multe soluţii de rezolvare a hranei necesare omenirii. După ce Woodwardh (1961) a reuşit sinteza clorofilei (premiul Nobel în 1965), au

Scanned with OKEN Scanner

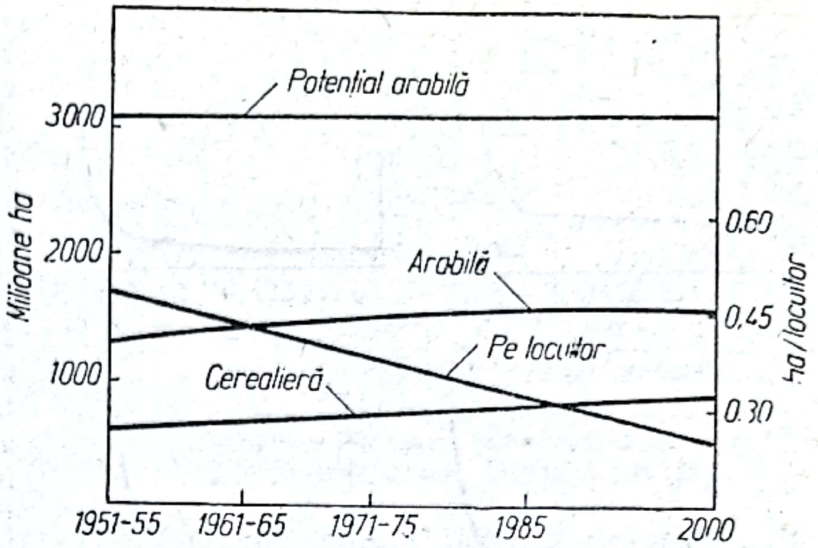


Fig. 1.2. Suprafața mondială potențial arabilă, realmente arabile cultivată cu cereale și evoluția acestora pînă în anul 2000 (după FAO).

apărut speranțele folosirii bioconversiei energiei solare pe cale artificială. Deocamdată nu s-au făcut multe progrese în acest sens.

O altă posibilitate ar fi obținerea de proteine furajere prin culturi de organisme mono- sau pluricelulare (alge, ciuperci, bacterii) pe produse petroliere (n-parafine), ceea ce s-a încercat și în țara noastră, la Curtea de Argeș (A n g h e l a c h e, 1974). Posibilitățile sînt limitate și în această privință.

Oceanul planetar și-ar putea aduce, de asemenea, contribuția sa la rezolvarea necesarului de produse vegetale (R a w i t s c h a r și M a y e r, 1977).

Organismele de specialitate FAO au ajuns la concluzia că singura cale de creștere substanțială a producției de bunuri alimentare este, deocamdată, intensificarea procesului de producție, adică obținerea unor cantități mari de produse agroalimentare pe unitatea de suprafață cultivată. Principalele tehnologii utilizabile în acest sens sînt: crearea de soiuri, varietăți sau hibrizi cu potențial ridicat de bioconversie a energiei solare; lucrarea corectă a solului prin mecanizare; folosirea irigației și a altor măsuri de îmbunătățiri funciare în scopul reglării regimului hidric și salin al solului; utilizarea controlată a îngrășămintelor și a altor preparate chimice ca mijloc esențial de sporire a potențialului productiv al solului; combaterea bolilor și dăunătorilor prin pesticide și alte măsuri, folosirea erbicidelor ca mijloc de distrugere a buruienilor.

Datele obținute de FAO duc la concluzia că 40—60% din sporul general de recoltă revine îngrășămintelor, cu limite de variație largi de la o țară la alta. În SUA, îngrășămintele chimice contribuie cu circa 41% la sporul de recoltă; erbicidelor și pesticidelor le revin 15—20% din spor; agrotehnica superioară, prin mecanizare, contribuie cu 15%; sămînța hibridă cu 8%; irigația cu 5%; restul de 11—18% din sporul general de recoltă fiind datorat altor factori. Experiențe de lungă durată (R o t h a m s t e d, Marea Britanie) au demonstrat că în decurs de 70 de ani producția de grîu s-a dublat datorită ameliorării soiurilor folosite în cultură, însă, indiferent de soi și rotație, îngrășămintele au mărit de 3—5 ori producția de boabe față de nefertilizat (C o o k e, 1977).

Îngrășămintele, mijloc esențial de sporire a producției. Îngrășămintele aplicate solului, mai ales cele cu azot, favorizează dezvoltarea aparatului vegetativ al plantelor, oferind posibilitatea bioconversiei în procesul de fotosinteză a unei cantități mai mari din energia luminii solare. Așa se explică creșterea producției de la circa 0,8 t/ha grîu boabe cît se obținea în agricultura extensivă a evului mediu, cu un randament fotosintetic de cel mult 0,25%, la producția agriculturii contemporane, de 5 t boabe + 4 t/ha paie, cu randamentul fotosintetic de 1,5% și cu speranța că în viitorul nu prea îndepărtat s-ar putea atinge

Scanned with OKEN Scanner

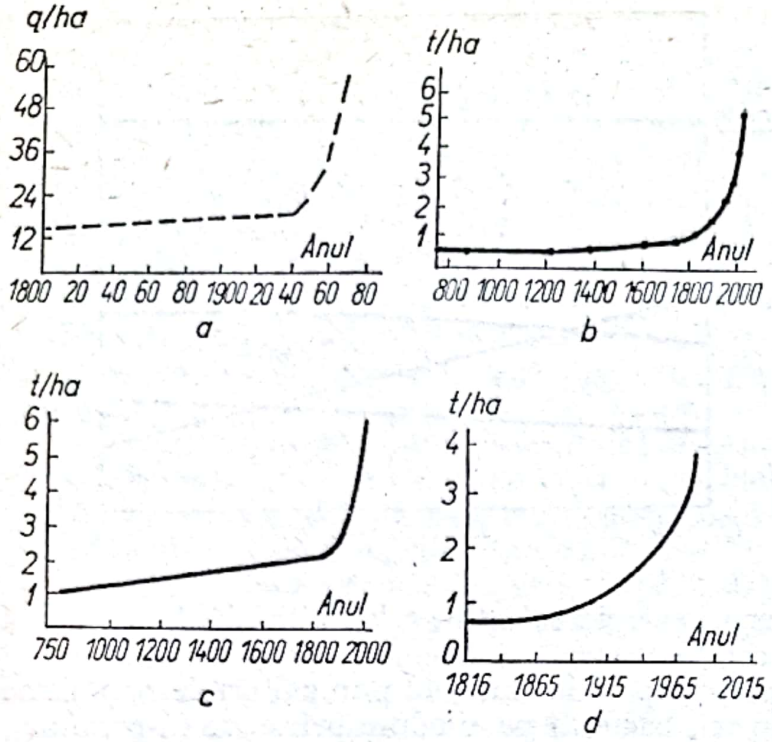


Fig. 1.3. Evoluția producției la cîteva culturi (prelucrări după Hartan — 1977, Evens — 1975, Carillon — 1972):

a — porumb, SUA; *b* — grîu, Anglia; *c* — orez, Japonia; *d* — grîu, Franța.

4% randament (fig. 1.3). Cele 111,7 mil. tone îngrășăminte chimice folosite pe plan mondial în agricultura anului 1979/1980 au adus un spor de circa 500 mil. tone boabe, ceea ce constituie aproape 35% din totalul recoltei obținute în întreaga lume. Micșorarea consumului de îngrășăminte chimice ar atrage în mod inevitabil o penurie de produse agroalimentare. De fapt, cifrele menționate mai sus se bazează pe calcule teoretice pornind de la considerentul că, experimental, fiecare kilogram de substanță activă din îngrășămintele chimice cu NPK aplicate solului produce, în medie, 4—5 kg boabe.

Cheltuiala de energie prin utilizarea îngrășămintelor nu este proporțională cu nivelul recoltelor scontate deoarece, pe măsura creșterii dozelor de îngrășăminte pe unitatea de suprafață, sporul de recoltă devine din ce în ce mai scăzut. Cele 20 mil. tone îngrășăminte aplicate, în medie, anual în perioada 1950—1960 au produs circa 200 mil. tone boabe, demonstrînd că raportul boabe: NPK din îngrășăminte a fost de 10 : 1. Cantitățile sporite de îngrășăminte folosite în anii 1960—70 au scăzut raportul la 8,5 : 1, cel din 1985 a fost de 7: 1, în anii următori raportul boabe: NPK scăzînd mai mult, pe măsura creșterii cantităților de îngrășăminte folosite în agricultură (probabil 5,5 : 1 în anul 2000, după Barney Gerall, 1982).

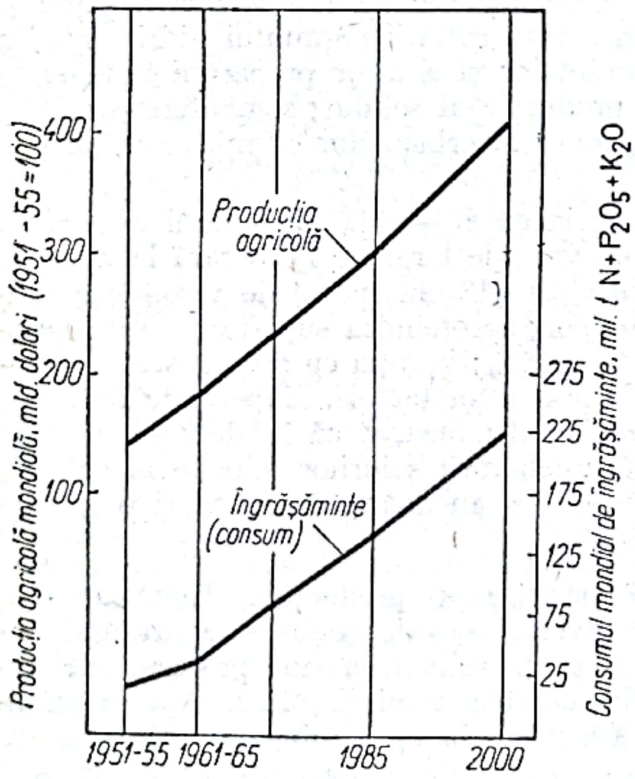


Fig. 1.4. Corelația producției agricole mondiale, exprimată valoric, cu consumul de îngrășăminte chimice (după FAO).

Există o strînsă dependență între nivelul producțiilor medii obținute la grîu și porumb și consumul de îngrășăminte chimice. În Olanda, Anglia, Danemarca și Austria recoltele medii sînt foarte mari datorită consumului ridicat de îngrășăminte și aplicării tehnologiilor corespunzătoare de cultivare a plantelor. O strînsă dependență între creșterea consumului de îngrășăminte și nivelul producției agricole totale exprimată valoric, poate fi remarcată și pe plan mondial (fig. 1.4).

Chimizarea agriculturii în contextul crizei energetice. Agricultura intensivă se bazează pe un consum ridicat de energie convențională. Există o anumită corelație între nivelul producțiilor

Scanned with OKEN Scanner

vegetale şi animaliere în diverse ţări şi cel al consumului de energie convenţională la hectar (fig. 1.5). Acum 100 de ani, circa 56% din energia utilizată în agricultură provenea din munca animalelor, 30% revenea energiei umane, sub 3% era consum energetic pentru folosirea îngrăşămintelor (organice), iar restul se referea la consumuri energetice minore. În agricultura intensivă, îngrăşămintelor le revine circa 30% din totalul consumurilor energetice, alteori acest consum ajungînd la 50% din total. Mărimea acestei fracţiuni energetice depinde şi de cultură, fiind mai ridicată la porumb (37% din total) comparativ cu orezul (17%).

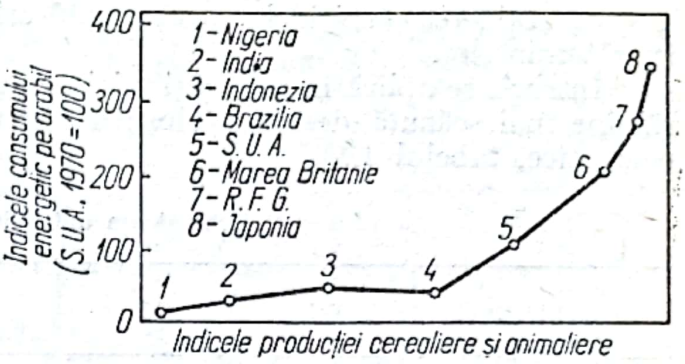


Fig. 1.5. Corelaţia indicelui producţiei cerealiere şi animaliere în funcţie de consumul de energie pe unitatea de suprafaţă, în cîteva ţări (după FAO).

Pentru obţinerea îngrăşămintelor se consumă cantităţi mari sau foarte mari de energie convenţională (tabelul 1.1).

Tabelul 1.1

Energia convenţională consumată la obţinerea îngrăşămintelor chimice în condiţii moderne de lucru (după Jürgens-Gschwind, 1980)

Elementul	Total consum* KJ/1 kg N, P, K sau Ca	Din care, pentru păstrare şi aplicare KJ/1 kg N, P, K, Ca
N	60,0 (14 340)	6,0
P	27,4 (6 550)	13,7
K	9,6 (2 306)	3,0
Ca	3,0 (717)	0,8

* Cifrele din paranteză reprezintă exprimări în kcal/1 kg N, P, K sau Ca

Consumul energetic depinde şi de sortimentul de îngrăşăminte (tabelul 1.2).

Micşorarea consumurilor energetice ce revin îngrăşămintelor se poate realiza pe de o parte în procesul tehnologiei de obţinere a acestora, pe de altă parte printr-o utilizare raţională în agricultură. În diverse ţări s-a reuşit micşorarea cheltuielilor energetice de la 123 MJ/1 kg N în cazul folosirii cărbunilor ca sursă energetică, la 63 MJ prin folosirea unor combustibili mai avantajoşi şi cu tehnologii avînd randament superior. În perspectivă pot fi micşorate consumurile energetice pînă la 50 MJ/1 kg N (după Lewis şi Tatchell, 1978). Cheltuielile energetice pentru obţinerea îngrăşămintelor cu azot sînt mai ridicate decît cele pentru obţinerea îngrăşămintelor minerale cu fosfor şi potasiu.

Obţinerea pesticidelor se face cu un consum energetic mai ridicat comparativ cu îngrăşămintele. Menţionăm cîteva cifre orientative pentru erbicide: 2,3 kg EP/1 kg 2,4 D; 8,1 kg EP/1 kg MCPA; 6,5 kg EP/1 kg Diuron; 4,5 kg EP/1 kg Atrazin; 3,6 kg EP/1 kg Trifluralin; 11,0 kg EP/1 kg Paraquat (după Green, citat de Piementel, 1973). În medie, consumul energetic

Tabelul 1.2

Consumul energetic la fabricarea cîtorva sortimente de îngrăşăminte chimice cu azot, simple sau complexe

Îngrăşămîntul	t EP/tona de N*
NH_3	1,3
NH_4NO_3	1,7
$CO(NH_2)_2$	2,0
$(NH_4)_2SO_4$	2,0
Complex NP	1,7
Complex NPK	2,0

Scanned with OKEN Scanner

pentru obținerea erbicidelor este de 10 ori mai mare decît cel folosit la obținerea îngrășămintelor.

Întrucît se aplică în cantități mici pe unitatea de suprafață, intrarea de energie rămîne mai scăzută decît la folosirea îngrășămintelor (vezi echivalența unităților energetice, tabelul 1.3).

Tabelul 1.3

Echivalența unităților energetice

Specificare	Cal	J	Kwh	tEC	tEP
Calorie (cal)	1	4,1855	$1{,}163 \times 10^{-6}$	$0{,}150 \times 10^{-9}$	10^{-10}
Joule (J)	0,239	1	$0{,}278 \times 10^{-6}$	$0{,}330 \times 10^{-10}$	$0{,}239 \times 10^{-10}$
Kilowatt-oră (Kwh)	$0{,}86 \times 10^{6}$	$3{,}6 \times 10^{6}$	1	$0{,}130 \times 10^{-3}$	$0{,}860 \times 10^{-4}$
Tone echivalent cărbune (tEC)	$6{,}7 \times 10^{9}$	28×10^{9}	7 790	1	0,67
Tone echivalent petrol (tEP)	10^{10}	$4{,}2 \times 10^{10}$	11 600	1,5	1

Combaterea buruienilor prin erbicidare se face cu consum energetic inferior procedeelor mecanice. La prășitul manual se consumă circa 53 800 kcal/ha, la cel cu tracțiune mecanică 182 000—394 400 kcal/ha, iar prin erbicidare (inclusiv aplicarea) 25 770—120 870 kcal/ha, în funcție de doză (1,2—4,5 kg/ha) și de felul erbicidului.

Bioconversia energiei îngrășămintelor. Agricultura este singura ramură din economie caracterizată prin obținerea de energie datorită fotosintezei. Energia obținută pe această cale în procesul producției agricole depășește cheltuielile energetice (energia convențională, mîna de lucru, semințe etc.) efectuate în scopul obținerii recoltei.

Îngrășămintele chimice cu azot sporesc densitatea pigmenților clorofilieni și arealul foliar fotosintetic. Sporul de recoltă datorat lor reprezintă energia solară fixată prin fotosinteză, care se poate exprima în aceleași unități de măsură ca în cazul obținerii îngrășămintelor. Intrările energetice sînt reprezentate de consumul de energie necesară obținerii și aplicării îngrășămintelor pe teren; ieșirile energetice se pot calcula în funcție de conținutul de glucide, lipide și protide din sporul de recoltă. Fiecare gram de glucoză, amidon, proteine și lipide aflate în produsul principal al sporului de recoltă datorat îngrășămintelor are valorile 3 692, 4 223, 5 563 și, respectiv, 9 300 calorii. Rezultatele experimentale au dus la concluzia că productivitatea energetică depinde de însușirile genetice ale speciei, soiului sau hibridului la care s-au aplicat îngrășămintele.

Randamentul energetic se obține efectuînd raportul între ieșirile energetice sub formă de produse vegetale (kcal, KJ etc.) și intrările energetice sub formă de îngrășăminte, exprimate în aceleași unități de măsură. Acest randament variază în funcție de specia de plantă cultivată, de felul îngrășămîntului și de dozele utilizate. Pentru doze optime din punct de vedere economic aplicate la cîteva culturi în asolament au rezultat valorile din tabelul 1.4., dacă se consideră în calcule numai producția principală. Dacă se ține seama și de produsele secundare (paie, coceni etc.), randamentul energetic este mult ridicat.

Din cele expuse rezultă că organismele vegetale se comportă ca un sistem deschis care, supunîndu-se principiului II al termodinamicii, primesc și cedează în mod permanent energia solară înmagazinată prin fotosinteză. Fiecare calorie cheltuită de societate sub formă de energie comercială în procesul agricol permite înmagazinarea, prin fotosinteză, a 15 calorii în produsele vegetale, din care circa 5 calorii se găsesc în biomasa vegetală utilizată de om și de animale. Organismele

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.4

Randamentul energetic al îngrășămintelor aplicate solului în doze optime din punct de vedere economic, la cîteva specii de plante cultivate în asolament

Specificare	Cultura				
	Fasole	Grîu	Porumb	Grîu	Sfeclă de zahăr
Spor de producție principală, q/ha	3,0	8,2	16,7	21,0	169,0
Spor de energie obținut, Mcal	1 102	2 673	5 810	6 930	10 812
Îngrășăminte, Mcal	1 290	1 548	2 666	2 580	4 128
Raport ieșiri/intrări	0,85	1,72	2,18	2,69	2,62

vegetale au, prin urmare, un caracter negentropic, ceea ce înseamnă că pe această cale se introduce energie joasă în mediul în care trăim. Legea entropiei presupune o degradare continuă a energiei sistemului nostru planetar, trecerea treptată de la o entropie joasă, care înseamnă ordine în sistem, la o entropie ridicată care înseamnă dezordine sau degradare a energiei și o stabilitate mai mare a sistemului. Prin faptul că biomasa terestră nu se epuizează în timp, iar resturile vegetale și animale se introduc în sol, ele contribuie la întîrzierea creșterii entropiei sistemului, la prelungirea vieții pe această planetă. Humusul solului reprezintă o rezervă imensă de energie sub formă de substanță organică ($8\,500 \cdot 10^6$ kcal/ha în stratul superficial gros de 50 cm), de care depinde în cea mai mare parte starea de fertilitate a solului.

Expansiunea demografică a impus și va impune și în viitor societății „injectarea" de negentropie fosilă în procesul agricol sub formă de îngrășăminte, pesticide, mașini, medicamente etc. în scopul creșterii producției de biomasă pe unitatea de suprafață. Dar aceasta înseamnă, de fapt, o accelerare a acumulării de entropie ridicată în lumea contemporană (vezi N. Georgescu-Roegen, 1979), un pas înainte spre epuizarea surselor de energie convențională. De aceea se impune folosirea cu mult discernămînt a îngrășămintelor chimice și a altor preparate industriale necesare agriculturii spre a se evita risipa de energie convențională.

Potrivit prognozelor FAO, s-ar putea ajunge, într-un viitor nu prea îndepărtat, la producții record de 22,2 t porumb boabe, 21,5 t sorg, 14,5 t grîu, 11,4 t orz și 11,0 t orez la hectarul de teren cultivat (Peter, 1980).

În Marea Britanie s-au creat deja soiuri de grîu cu o capacitate de producție de 10 t boabe la hectar, iar în România s-au obținut hibrizii de porumb Fundulea 320 și 378 ce dau peste 15 t boabe la hectar (Ceapoiu, 1985). Toate acestea presupun asigurarea unor cantități sporite de substanțe nutritive, potrivit recoltelor ridicate, specifice fondului genetic al soiului sau hibridului. Acești factori pot contribui la depășirea crizei de produse agroalimentare ce s-ar putea prefigura în viitor.

Este necesară o nouă ordine în distribuția produselor energetice pe plan mondial, descoperirea a noi surse energetice, printre care una de mare perspectivă ar fi scindarea moleculei de apă cu ajutorul „clorofilei artificiale" și obținerea de hidrogen utilizabil drept combustibil. Dar, deocamdată, trebuie gospodărită competent energia convențională de care depinde societatea contemporană.

Teste recapitulative

1.1. Prezentați importanța folosirii raționale a îngrășămintelor și pesticidelor în agricultura intensivă contemporană, pentru creșterea producției de bunuri agroalimentare.

1.2. Caracterizați îngrășămintele și pesticidele sub aspectul consumurilor energetice, necesare obținerii lor, și al raportului de bioconversie a acestei energii în sporul de recoltă (randament energetic).

Scanned with OKEN Scanner

2. BAZELE AGROCHIMICE ALE FERTILIZĂRII ÎN RAPORT CU CERINȚELE PLANTELOR

2.1. COMPOZIȚIA CHIMICĂ A PLANTELOR

Compoziția chimică a plantelor reflectă în principal caracterele lor biologice care s-au format de-a lungul timpurilor în raport cu mediul înconjurător. Ele sînt organisme autotrofe. Cunoașterea naturii factorilor de creștere și îndeosebi a celor care satisfac nevoile de hrană ale plantelor constituie baza teoretică a dirijării conștiente a creșterii și dezvoltării lor în folosul omului.

Plantele verzi conțin 75—95% apă și 5—25% substanță uscată.

Apa este componentul tuturor organismelor vii, ceea ce înseamnă că plantele au nevoie permanentă de apă. Fără apă nu este posibilă viața, deoarece aceasta este mediul de desfășurare a numeroaselor reacții chimice, biologice și fizice ce conferă mobilitate elementelor, substanțelor și înseși organismelor vii.

Potrivit concepției biostructurale despre natura și structura materiei vii (Macovschi, 1972; 1981 etc.) rezultă că în țesuturile vii apa există sub trei forme principale: ca *soluție intracelulară* ce se comportă ca apă liberă obișnuită, în care sînt dizolvate substanțe, enzime, ioni etc. și poate fi stoarsă din materialul biologic viu ca suc vacuolar; *apă integrată în materia biostructurată*, fără însușiri de solvent, ce devine liberă numai prin omorîrea materialului biologic cercetat, putînd fi stoarsă din „reziduul omorît", ca suc plasmatic; *apă legată de coloizi* și *materia biostructurată*, deosebindu-se de apa liberă, normală, care are însușiri de solvent, iar după moartea organismului vegetal, această formă de apă se adaugă apei libere existente înainte de moarte.

Apa îndeplinește în plantă următoarele funcții : *transportă elementele nutritive* și *substanțele sintetizate* spre diverse organe ale plantei; *reglează temperatura țesuturilor vegetale*; *reglează presiunea osmotică*; *constituie mediul de reacție* al diverselor substanțe sub influența activității enzimatice.

Conținutul plantelor în apă este variabil: noaptea și dimineața acestea au un conținut de apă mai ridicat decît ziua, cînd transpirația este abundentă; plantele tinere, verzi, conțin 80—90% apă, iar la cele mature, organele lignificate și semințele conțin 5—25% (tabelul 2.1).

Tabelul 2.1

Conținutul plantelor în principalii compuși organici, în %, după diverși autori

Specia	Produsul	Apă	Substanță uscată			
			Substanțe proteice	Extractibile fără azot (amidon, zahăr)	Grăsimi	Celuloză
Grîu	Semințe	12—13	12—10	66—75	2	2,5
	Paie	16—20	5	33—38	1,6—1,8	25
Soia	Semințe	8—11	61	29	18—20	4—5
Floarea-soarelui	Semințe	8—10	26—29	5—14	33—50	1,7—3,8
Sfeclă de zahăr	Rădăcini	75—80	1,5	15—21	1,2	1,0—1,5
	Frunze	74	3,5	9,5	1,2	4,2
Cartof	Tuberculi	77	2,1	19	0,1	0,6
	Frunze	80	3,1	9,8	0,7	3,6
Tomate	Fructe	94	0,95*	4,1**	0,28	1,0
Lucernă	Fîn	15	16	34	2,5	24
	verde	74	5,4	10	0,7	6,7

* proteină brută; ** zahăr și glucide insolubile

Scanned with OKEN Scanner

Substanța uscată este alcătuită din următoarele:

Substanțe fără azot: glucide (glucoză, fructoză, zaharoză, amidon, inulină, celuloză, hemiceluloză), substanțe pectice, lignine, acizi organici (acetic, oxalic, lactic, malic, tartric, citric, succinic) etc.; lipide (gliceride, ceride, steride, fosfatide), lipoide (terpene, steroli), acizi grași (linoleic, oleic, palmitic, stearic, arahidic, ricinoleic) etc.;

Substanțe cu azot: proteine simple (alcătuite numai din aminoacizi); proteine complexe (protide) alcătuite din proteine simple și diverse grupări neproteice (lipoproteide, nucleoproteide, glicoproteide, flavoproteide, porfirine, metaloproteide, alcaloizi etc.);

Pigmenți: clorofila, carotenoide, antocianine etc.;

Enzime: oxidoreductaze, transferaze, hidrolaze, liaze, izomeraze, ligaze (sintetaze);

Vitamine și substanțe de creștere: vitamine (A, B_1, B_2, B_6, C, D, H, PP etc.), substanțe de creștere (auxine, gibereline, chinetine etc.);

Săruri anorganice: nitrați, nitriți, cloruri, fosfați, sulfați, silicați.

2.1.1 COMPOZIȚIA ELEMENTARĂ A PLANTELOR

Prin calcinare la 450—550°C, substanța organică se descompune cu formarea de CO_2, H_2O, NH_3, NO, SO_2 și Cl_2, care se pierd prin volatilizare, rămînînd reziduul numit cenușă.

Conținutul plantelor în cenușă variază în funcție de specie, de condițiile de mediu, vîrstă, de organele analizate și de gradul de asigurare cu hrană. Plantele lemnoase sînt mai bogate în cenușă decît cele ierboase. Rădăcinile sînt mai sărace prin comparație cu părțile aeriene. Frunzele sînt mai bogate în cenușă decît celelalte organe, întrucît aici se desfășoară cea mai intensă activitatea vitală.

Cenușa plantelor are caracter bazic deoarece, prin calcinare, majoritatea metalelor se combină cu oxigenul formînd oxizi (K_2O, Na_2O, CaO, MgO etc.), care în soluție dau baze [$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$]. Componentele bazice se află în plantă sub formă de săruri ale acizilor anorganici (fosfați, sulfați, cloruri etc.) sau sub formă de săruri ale acizilor organici (oxalați, malați, citrați), acestea din urmă, prin calcinare, transformîndu-se în carbonați ce hidrolizează bazic.

Elementele C, H și O intră în constituția plantei în proporție de peste 90% (tabelul 2.2). Suma elementelor N, P, S și K alcătuiește 4,4%, iar a elementelor Na, Ca, Mg, Cl și Si reprezintă la un loc circa 2,7%. Alte elemente se găsesc într-un

Tabelul 2.2

Compoziția elementară a plantelor (după J a v i l l i e r)

Elemente majore sau plastice (în % din substanța uscată)		Elemente oligodinamice (microelemente) recunoscute ca necesare, (ppm din substanța uscată a frunzelor)		Alte elemente, în ppm din substanța uscată	
Carbon	40—50	Fer	40—1 300	Nichel	0,15—2,3
Oxigen	42—44	Mangan	25— 63	Cobalt	0,01—0,8
Hidrogen	6—7	Bor	2— 80	Litiu	0,09—9,0
Azot	1—3	Cupru	18— 36	Rubidiu	15,0—30,0
Fosfor	0,05—1	Zinc	12— 83	Cesiu	22
Sulf	0,1—0,5	Molibden	2,5— 4,3	Aluminiu	1,0—200
Potasiu	0,3—3,0 (pînă la 8)			Titan	0,9—30
				Crom	0,04—10
Sodiu	0,001—3,5			Fluor	2,0—80
Calciu	0,5—3,5			Brom, iod (plante marine)	
Magneziu	0,03—0,8			Arsen	0,1—0,6
Clor	0,2			Seleniu, vanadiu, plumb, beriliu, staniu, argint, bariu, stronțiu etc.	
Siliciu	0,005—1,35				

Scanned with OKEN Scanner

procent foarte scăzut (0,2—0,3%), fiind numite microelemente. Elementele C, H și O provin din atmosferă și din apă, iar celelalte sînt luate din sol și alcătuiesc circa 7,4%, toate avînd aceeași importanță nutritivă.

Conținutul organismelor vegetale în cenușă variază în funcție de dozele de îngrășăminte aplicate solului. De exemplu, conținutul de cenușă din boabele de grîu crește de la 1,50 la 2,50%, în raport cu creșterea dozelor de azot și scade în cazul creșterii dozelor de fosfor.

Conținutul total de elemente din plante nu este proporțional cu nivelul producției, deoarece absorbția și metabolismul lor depind în mare măsură de condițiile de vegetație. Majoritatea elementelor din cenușă sînt indispensabile creșterii și dezvoltării plantelor. Ele nu pot fi substituite între ele. O aprovizionare insuficientă a plantelor cu unul din componentele cenușii are efect negativ asupra asimilării altor elemente, fapt ce înrăutățește condițiile de creștere a plantelor.

2.1.2. VARIAȚIA COMPOZIȚIEI CHIMICE A PLANTELOR

Totalitatea organelor unei plante, care se formează în timpul creșterii de la răsărire pînă la maturitate, inclusiv organele care pe parcurs s-au pierdut prin veștejire, uscare și descompunere parțială sau totală, reprezintă **producția biologică.** Aceasta, la rîndul ei, este alcătuită dintr-o parte valorificabilă (consumabilă, prelucrabilă etc.) și altă parte nevalorificabilă (neconsumabilă sau inutilizabilă pentru scopuri majore).

Partea valorificabilă este reprezentată prin semințe și paie (la cereale), semințe a floarea-soarelui, soia, mazăre, fasole; tuberculi la cartof; fructe la pomii fructiferi etc. Elementele de nutriție asimilate de către plante sînt exportate o dată cu recolta și deplasate acolo unde se consumă partea valorificabilă. În acest caz, doar o fracțiune scăzută din elementele nutritive este restituită solului prin resturile vegetale ce rămîn în solul cultivat sau la suprafața acestuia.

Partea nevalorificabilă este alcătuită din miriște, rădăcini de plante rămase, după recoltare, frunze căzute, semințe sau fructe căzute în timpul recoltării și nerecuperate, vreji de cartof, tulpini de floarea-soarelui etc. Elementele nutritive din constituția acestor materiale sînt restituite solului. Dacă această cantitate din recolta nevalorificabilă este relativ ridicată, poate fi luată în considerare la calculul dozelor de îngrășăminte pentru noua producție biologică.

O analiză asupra distribuției elementelor N, P și K în cele două componente ale recoltei demonstrează că între 50—80% din elementele de nutriție extrase de către plante din sol se află în partea valorificabilă (tabelul 2.3). Acest conținut

Tabelul 2.3

Conținutul de N, P și K din producția valorificabilă la cîteva specii de plante de cultură (în % din producția biologică)

Cultura	Producția valorificabilă	N	P_2O_5	K_2O	Autorul
Grîu	Boabe + paie	75	79	64	Levit, 1965
Borceag	Fîn	61	68	66	Levit, 1965
Trifoi și timoftică	Fîn	48	48	52	Levit, 1965
Porumb siloz	Masă verde	80	83	71	Levit, 1965
Cartof	Tuberculi	71	72	79	Levit, 1965
Tomate	Fructe	66	72	86	Jurbițki, 1963
Castraveți	Fructe	53	60	58	Jurbițki, 1963
Varză albă	Căpățîni	55	49	38	Jurbițki, 1963
Conopidă	Inflorescență metamorfozată	25	21	27	Jurbițki, 1963
Ceapă	Bulbi	67	73	80	Jurbițki, 1963

Scanned with OKEN Scanner

se poate modifica sub influența factorilor de vegetație. Astfel, în cazul cînd culturile cerealiere se fertilizează cu doze mari de îngrășăminte, cantitatea de elemente din partea valorificabilă crește cu 50—100% față de același produs vegetal obținut pe parcele nefertilizate cu îngrășăminte. În anii bogați în precipitații în perioada iunie-iulie, conținutul de azot extras din sol se micșorează în partea valorificabilă și crește în partea nevalorificabilă. Astfel, la ovăz și cartof, conținutul de N scade cu 15—50%, cel de P cu 30—50% și de K cu 15—35%, prin comparație cu plantele crescute în condițiile unor ani cu repartiție normală a precipitațiilor pe lunile anului. La leguminoase furajere, conținutul de elemente nutritive crește în partea valorificabilă, deoarece aici se folosesc părțile vegetative.

Consumurile de elemente nutritive din sol se diferențiază și în funcție de caracteristicile biologice ale plantelor.

Din cele expuse se desprinde concluzia că anumiți factori de vegetație pot produce diferențieri în compoziția chimică a plantelor, funcție de specie, soi, de condițiile de vegetație etc. Toate acestea imprimă o mare variabilitate compoziției chimice a plantelor.

2.1.3. COMPOZIȚIA CHIMICĂ A PLANTELOR ÎN RAPORT CU VÎRSTA LOR

Compoziția chimică a plantelor variază în cursul perioadei de vegetație în raport cu specia, soiul, factorii de mediu și vîrsta lor (tabelul 2.4). Aceasta se explică prin ritmul de absorbție inegală a elementelor nutritive în diverse faze de vegetație. Astfel, cerealele asimilează pînă la sfîrșitul înfrățirii aproape 50% din totalul elementelor extrase din sol pentru formarea recoltei pînă la maturitatea deplină. De la înfrățire pînă la maturitate se asimilează numai 40% din cantitatea totală de elemente nutritive. Aceasta înseamnă că plantele trebuie asigurate încă de la începutul creșterii și dezvoltării lor cu toate elementele necesare. Acumularea

Tabelul 2.4

Dinamica acumulării elementelor de nutriție la cereale păioase (în % față de maximum, după Pannikov)

Fazele de vegetație	Grîu de toamnă			Orz			Ovăz		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Înfrățire	47	30	43	—	—	—	—	—	—
Începutul înspicării	69	65	68	71	56	73	51	36	54
Înflorire	90	93	95	96	74	100	82	71	100
Maturitate deplină	100	100	82	100	100	64	100	100	83

substanței uscate în primele faze de vegetație rămîne în urmă față de ritmul de asimilare a elementelor nutritive. De aceea plantele de pășune au o valoare furajeră mai ridicată în stadiul de tinerețe, pe măsura avansării în vîrstă scăzînd conținutul lor în proteine și fosfor și crescînd cel de fibre lignino-celulozice, care sînt lipsite sau au o valoare nutritivă scăzută (tabelul 2.5).

Tabelul 2.5

Conținutul ierbii în proteină, celuloză, fosfor și calciu în funcție de vîrsta recoltării (după Thompson și Troch, 1973)

Vîrsta la cosire (luni)	Proteină (%)	Celuloză (%)	P (%)	Ca (%)
1	12,3	21,3	0,40	0,65
2	11,8	23,0	0,38	0,67
3	9,1	32,4	0,36	0,71

Scanned with OKEN Scanner

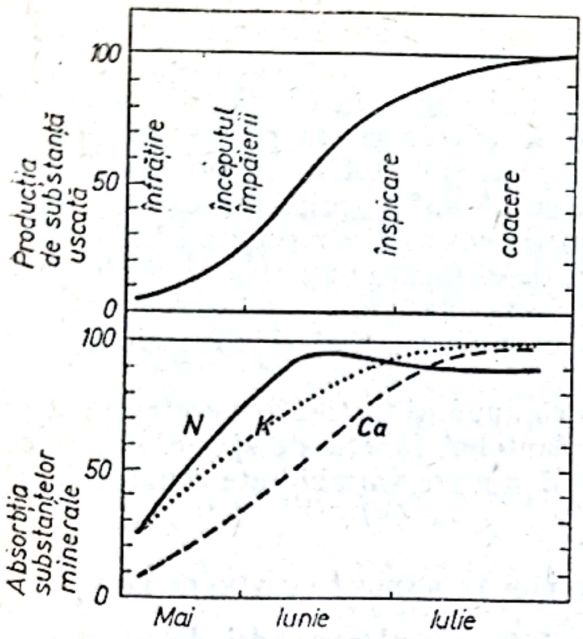


Fig. 2.1. Acumularea substanței uscate totale și a N, K și Ca(%) în cursul perioadei de vegetație la ovăz (după M e n g e l, 1982).

La ovăz, ritmul asimilării azotului și potasiului de către plante depășește considerabil ritmul formării masei vegetale, iar ritmul asimilării Ca și P depășește în măsură mai scăzută ritmul acumulării substanței uscate (fig. 2.1). De aceste însușiri se ține seama la fertilizarea culturilor agricole cu îngrășăminte.

2.1.4. ELEMENTELE NECESARE NUTRIȚIEI PLANTELOR ȘI CLASIFICAREA LOR

Elementele ce alcătuiesc corpul plantelor se pot clasifica: după rolul pe care-l îndeplinesc în metabolism și după criteriul cantitativ.

În funcție de rolul pe care-l îndeplinescîn metabolism se deosebesc trei grupe:

Elemente esențiale, indispensabile creșterii și dezvoltării plantelor, în număr de 16 elemente: C, O, H, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo și Cl. Aceste elemente intră în compoziția anumitor compuși organici sau iau parte la diverse procese fiziologice.

Elemente neesențiale sînt cele a căror prezență poate favoriza creșterea și dezvoltarea plantelor, absența lor neavînd nici un efect sesizabil. Ele sînt reprezentate de: Rb, Na, Si, Br, F, I, Ni, Sn, Sr, Se, W, V și altele.

Elemente întîmplătoare, care se găsesc în plante fără a exercita vreun rol în procesele biologice. În unele cazuri ele pot determina apariția unor efecte negative.

În funcție de cantitatea în care se găsesc în plante, elementele pot fi clasificate tot în trei grupe:

—**Macroelemente,** al căror conținut este de n. 10^{1}—n. 10^{-2} %;

—**Microelemente,** al căror conținut este de n. 10^{-3}—n. 10^{-5} %;

—**Ultramicroelemente,** al căror conținut este de n. 10^{-6}—n. 10^{-12}%

Macroelementele, la rîndul lor, se clasifică în: *macroelemente primare* și *macroelemente secundare*. Din grupa macroelementelor primare fac parte azotul, fosforul și potasiul, ce se folosesc ca îngrășămînt în cantitățile cele mai mari, aproape anual. Alte elemente (C, O și H) se folosesc ca substanțe fertilizante cu totul întîmplător (exemplu, CO_2 se utilizează în sere pentru intensificarea fotosintezei).

Macroelementele secundare sînt reprezentate prin S, Ca și Mg. Acestea se află în sol, de obicei, în cantități suficiente pentru a asigura o recoltă normală de plante cultivate și numai în puține cazuri, la anumite culturi, se aplică sub formă de îngrășăminte.

Microelementele sînt reprezentate în principal de: Fe, B, Cu, Mn, Mo, Zn, Co. Ele îndeplinesc un rol catalitic în procesele metabolice ale plantelor. Se folosesc ca îngrășămînt în cantități foarte mici atunci cînd solul are conținut scăzut de elemente în forme accesibile plantelor, ceea ce dă naștere la carențe sau insuficiențe nutritive.

Ultramicroelementele includ cîteva elemente radioactive (U, Th, Ac) a caror prezență în mediul nutritiv poate stimula dezvoltarea plantelor.

2.1.5. ROLUL ELEMENTELOR NUTRITIVE ÎN VIAȚA PLANTELOR

Fiecare element esențial îndeplinește un anumit rol în viața plantelor. Procesele fiziologice se desfășoară normal numai în prezența tuturor elementelor esențiale, a condițiilor normale de temperatură, apă și căldură.

Scanned with OKEN Scanner

Azotul este constituentul esențial al citoplasmei. Este elementul de bază al proteinelor, determină înmulțirea celulelor, formarea cloroplastelor, a glucidelor etc. Este factorul care determină calitatea recoltelor.

Fosforul îndeplinește două funcții importante:

— intră în constituția unor compuși organici ce înmagazinează și transferă energie în procesele metabolice;

— îndeplinește un rol structural. Favorizează creșterea echilibrată a plantelor și dezvoltarea sistemului radicular. Influențează calitatea recoltelor.

Potasiul are rol catalitic și energetic. Reglează funcțiile de creștere ale plantelor, influențează mărimea și calitatea recoltei, rezistența plantelor la bolile și dăunătorii ce se dezvoltă în condiții climatice favorabile lor.

Sulful are rol plastic foarte important, asemănător cu cel al azotului. Este constituentul unor aminoacizi esențiali, influențînd, prin urmare, calitatea recoltelor.

Magneziul este constituentul clorofilei. Favorizează absorbția fosforului de către plante.

Calciul este prezent în membrana pectocelulozică. El imprimă rezistență țesuturilor, favorizînd formarea și maturarea fructelor.

Ferul, deși nu este constituentul clorofilei, îndeplinește un rol esențial în formarea acesteia.

Cuprul și *zincul* intră în constituția unui mare număr de enzime oxidative.

Molibdenul este necesar în metabolismul azotului. Participă la reducerea nitraților pe cale enzimatică și la procesele de fixare biologică a azotului molecular.

Borul și *manganul* intră în constituția unor enzime care au rol esențial în procesele de oxidoreducere din plante.

Cobaltul este necesar bacteriilor simbiotice sau nesimbiotice în procesele catalitice de fixare a azotului molecular în compuși organici.

Clorul participă la metabolismul oxigenului în fotosistemul II al fotosintezei.

Rolul elementelor nutritive în sinteza, transportul și depunerea diferiților compuși din plantă este prezentat sub formă sintetică în tabelul 2.6.

Tabelul 2.6

Rolul elementelor în sinteza și depunerea diferiților compuși organici din plantă (după Magnițki)

Clasa	Grupa	Elemente ce acționează
Glucide	Mono și dizaharide	Zn, Mn, Se, B
	Amidon	K, Mn, Cu, Zn, B
	Pectină	Ca, Mo, B
Substanțe azotate	Aminoacizi	N, Mn, Cu, Mo, S
	Azot proteic	Cu, Mn, Zn, Mo, K, B, S
Lipide și compuși fosforici	Grăsimi	Cu, B
	Fosfolipide, acizi fosforici	P, Zn, Se, Mg
	Fitină	P, Ca, Mg
Acizi organici	Sistemul izocitric	N, Mn, Mg
	Acid piruvic	Zn, Mn
Pigmenți	Clorofila	Mg, Mn, Cu, K, B, Mo
	Carotina	Mn, Cu, Mg, B
	Antocianina	Cu, Mo
Vitamine și auxine	Vitamina C	Mn, Zn, Cu, B, Mo
	Vitamina B_{12}	Co
	Auxine	Zn, B, Mo
Compuși secundari	Compuși fenolici	Zn
	Taninuri	Zn, Mo
Compuși organici chelați	Proteine, enzime	Zn, Cu, Co, Mg
	Metionină, cistină	S, Se
	Nucleotide, microsomi	Ca, Mn, Ni, Mg
	Porfirine, purine	Mn, Fe

Scanned with OKEN Scanner

Din cele prezentate rezultă că insuficiența unui singur element esențial poate determina perturbări în procesele fiziologice ale plantei și în creșterea acesteia.

2.1.6. LEGĂTURA DINTRE COMPOZIȚIA CHIMICĂ A PLANTELOR ȘI CEA A SCOARȚEI TERESTRE

Pentru creșterea și dezvoltarea lor, plantele și-au format însușiri selective față de componentele hranei. Între conținutul solului în elemente nutritive, forme totale și forme solubile în HCl 1 *n*, și conținutul plantelor în elemente nutritive nu există o strînsă corelație (tabelul 2.7). Datorită însușirilor de absorbție selectivă în rădăcină, plantele conțin de circa 500 ori mai mult azot comparativ cu solul, de 23 ori mai mult potasiu și de 19,5 ori mai mult fosfor. La microelemente diferențele dintre conținuturile din sol și cele din plantă sînt mult mai scăzute. Conținutul solului în Fe, Mn și Co este mai ridicat decît cel din plante. Rezultă că, cu cît este mai mare diferența dintre conținutul plantei într-un element și conținutul solului în același element, cu atît cerințele plantelor față de acel element sînt mai ridicate, iar nevoile de îngrășăminte corespunzător mai mari. Acolo unde conținutul de elemente în sol este mai ridicat decît în plante, nu sînt necesare îngrășăminte decît în cazuri deosebite.

Tabelul 2.7

Conținutul mediu al principalelor macro- și microelemente în sol și în plantă, în ppm față de masa uscată (Rinkins, 1972)

Elemente	Conținutul solului		Conținutul plantelor în elemente*
	Total*	În elemente solubile în HCl (1 *n*)**	
Macroelemente			
Azot	100	60	30 000
Fosfor	800	450	7 000
Potasiu	13 600	1 300	30 000
Magneziu	6 000	1 400	7 000
Calciu	13 700	10 400	30 000
Fer	38 000	1 200	200
Microelemente			
Mangan	400	250	30
Cupru	15	7	7
Zinc	40	9	20
Cobalt	5	2,4	0,15
Molibden	1,5	0,1	1,0
Bor	15	1,8	9

* După Vinogradov (1957); Peive (1960).
** După Rinkins (1972).

Legătura dintre compoziția chimică a plantelor și compoziția chimică a solului constituie un principiu ce stă la baza dirijării nutriției plantelor prin aplicarea îngrășămintelor.

2.1.7. CERINȚELE PLANTELOR ÎN ELMENTE NUTRITIVE ÎN RAPORT CU FAZELE DE VEGETAȚIE

Cerințele plantelor în elemente nutritive variază de la o specie la alta, de la un soi la altul în raport cu perioadele de creștere și dezvoltare prin care trec ele.

La plante se distinge un **ciclu vital**. La cele anuale ciclul vital începe cu germinația seminței și se încheie cu formarea unei noi semințe.

Scanned with OKEN Scanner

La plantele perene ciclul vital începe cu pornirea în vegetație și se termină cu încheierea vegetației (repaus vegetativ). În interiorul ciclului vital se disting mai multe *faze de vegetație* (fenofaze) caracterizate prin apariția și modificarea organelor (răsărirea, înfrățirea, formarea paiului, apariția mugurilor de rod, înflorirea etc.).

Cele mai importante fenofaze sînt:

Fenofaza de creștere vegetativă, în care se formează continuu țesuturi noi. În această perioadă factorul determinant al creșterii plantelor este azotul.

Fenofaza de fructificare, în care plantele necesită cantități pronunțate de fosfor, zinc, molibden și bor.

Fenofaza de maturare, caracterizată prin acumularea de substanțe de rezervă în semințe, fructe, rădăcini, tuberculi, țesuturile lemnoase, substanțe necesare declanșării unui nou ciclu vital. În această perioadă plantele folosesc cantități mai mari de K, P și B, comparativ cu celelalte perioade de vegetație. Cu schimbarea fenofazelor de vegetație, se modifică și consumul de substanțe nutritive. Astfel, în cursul vieții plantelor se disting *trei perioade de consum:*

Perioadele critice ale nutriției, care coincid cu primele faze de creștere și dezvoltare ale plantelor. În aceste perioade insuficiența, excesul sau un raport neechilibrat dintre elementele nutritive manifestă o influență nefavorabilă asupra întregii perioade de creștere și dezvoltare a plantelor. Dacă ulterior se încearcă completarea elementului limitativ, plantele nu revin la o stare normală în restul perioadei de vegetație.

Perioadele consumului maxim, care corespund fenofazei cu creștere intensă și începerii acumulării substanțelor de rezervă. Elementele sînt asimilate într-un ritm mai accelerat și în cantități mai mari. Această perioadă se identifică cu perioada manifestării *eficienței maxime* a îngrășămintelor aplicate solului.

Perioada descreșterii consumului coincide cu maturarea semințelor, fructelor, cu acumularea maximă de substanțe de rezervă. Consumul de elemente nutritive scade treptat în această fenofază pînă la încetarea totală. Perioada critică a nutriției la ovăz (valabilă și pentru alte cereale păioase) se află în primele 15 zile de la răsărire (tabelul 2.8). Dacă în această perioadă se manifestă insuficiență de azot sau fosfor, plantele se dezvoltă slab și nu se refac chiar dacă ulterior s-au adăugat cantități suficiente de substanțe ce conțin cele două elemente.

Tabelul 2.8

Efectul insuficienței de azot și fosfor în diverse faze de creștere a ovăzului, asupra formării recoltei și asimilării azotului și fosforului (după Avdonin)

Vîrsta plantei (zile) cînd s-a produs insuficiența de N sau P	Insuficiență de N			Insuficiență de P		
	Recolta (g s.u.)	mg N/recoltă	mg P_2O_5/recoltă	Recolta (g s.u.)	mg N/recoltă	mg P_2O_5/recoltă
0—15	4,50	91	125	4,51	119	88
15—30	19,35	532	260	25,41	812	349
30—45	29,10	733	495	28,00	817	303
45—60	29,40	547	420	26,60	711	343
Asigurare normală cu azot, fosfor în toată perioada de vegetație	26,06	635	316	26,05	635	316

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.9

Perioadele consumurilor de elemente nutritive la diferite plante cultivate

Planta	Perioada critică a nutriției	Perioada consumului maxim	Perioada consumului scăzut
Cereale păioase	10—20 zile	Înfrățire-înspicare	Coacere
Porumb	4—6 frunze	Înainte de apariția paniculului	Coacere ceară
Cartof	2—4 perechi de frunze	Începutul înfloririi	Uscarea frunzelor inferioare
Sfeclă de zahăr	2—3 perechi de frunze	Începutul îngroșării rădăcinii	Uscarea frunzelor primare
Tomate	Apariția primei frunze adevărate	Începutul înfloririi	Coacerea fructelor
Varză de toamnă	3—4 frunze	70 zile de la răsărire	Căpățina este formată
In	3—5 frunze	Butonizare-înflorire	După formarea seminței
Cînepă	2—4 frunze	Creșterea tulpinii	Formarea seminței
Soia	3—4 frunze	După formarea nodozităților	Îngălbenirea păstăilor
Viță de vie	Desfacerea mugurilor	Începutul înfloririi	Coacerea strugurilor
Pomi fructiferi	Desfacerea mugurilor de rod	Apariția frunzelor, diferențierea mugurilor de rod	Coacerea fructelor

În tabelul 2.9 sînt specificate perioadele consumurilor la diferite specii de plante. La porumb, ritmul formării masei vegetale și integrării N, P și K în aceasta sînt prezentate în figura 2.2.

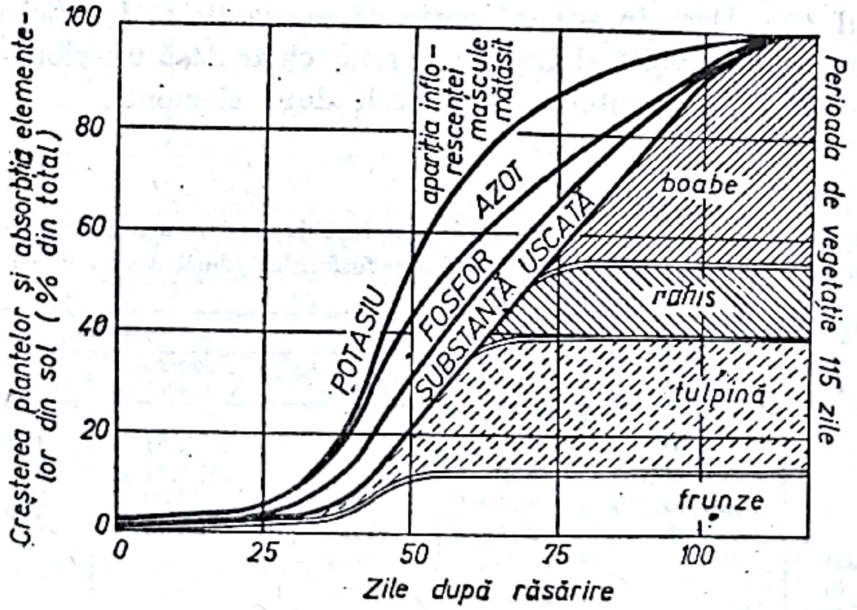


Fig. 2.2. Consumul de N, P și K în timpul vegetației la porumb (după Universitatea Iowa, SUA, 1960).

Scanned with OKEN Scanner

2.2. ABSORBȚIA RADICULARĂ A ELEMENTELOR NUTRITIVE

Sistemul radicular al plantelor are un rol important în aprovizionarea plantelor cu elemente nutritive. Este partea plantei ce se adaptează cel mai activ la condițiile de sol pentru asigurarea existenței. Raporturile ce se stabilesc între sol și plantă, prin intermediul sistemului radicular, determină și adîncimea de aplicare a îngrășămintelor și amendamentelor.

2.2.1. SISTEMUL RADICULAR ÎN RAPORT CU FACTORII CE CONDIȚIONEAZĂ CREȘTEREA ȘI NUTRIȚIA

Caracteristici principale ale sistemului radicular. Fiecare specie de plante se caracterizează printr-o morfologie proprie a sistemului radicular. Distribuția acestuia în sol depinde de tipul de sol, de succesiunea și argilozitatea orizonturilor, de bogăția lor în elemente de nutriție (fig. 2.3).

Masa radiculară variază de la o specie la alta. Prin comparație cu masa aeriană, masa radiculară a plantelor reprezintă 16% la porumb, 28% la ovăz, 70% la grîul de toamnă, 90% la graminee perene, 69% la trifoi și 166% la lucernă (după Kacinschi, citat de Peterburgschi, 1971).

Suprafața radiculară este mai mare decît aceea ocupată de planta cultivată. Astfel, sistemul radicular al plantelor leguminoase are o suprafață de 10—80 ha, iar la graminee peste 100 ha/ha.

Activitatea suprafeței radiculare este reprezentată prin perii radiculari. Aceștia sînt concreșteri subțiri, unicelulare, neseparate de membrana exterioară a celulei (fig. 2.4). Perii radiculari sînt dispuși la aproximativ 3 mm de terminațiile rădăcinilor în creștere. La porumb, pe un m², numărul perilor radiculari este 425, iar la mazăre circa 232 (Peterburgschi, 1971). Rezultă că la porumb suprafața rădăcinilor crește datorită perilor radiculari de circa 5,5 ori, iar la mazăre de 10,4 ori.

Lungimea totală a perilor radiculari și suprafața lor depind de specie (tabelul 2.10). Volumul și suprafața rădăcinilor și a perilor radiculari sînt foarte mari, ceea ce explică posibilitatea lor ridicată de a aproviziona plantele cu elemente nutritive.

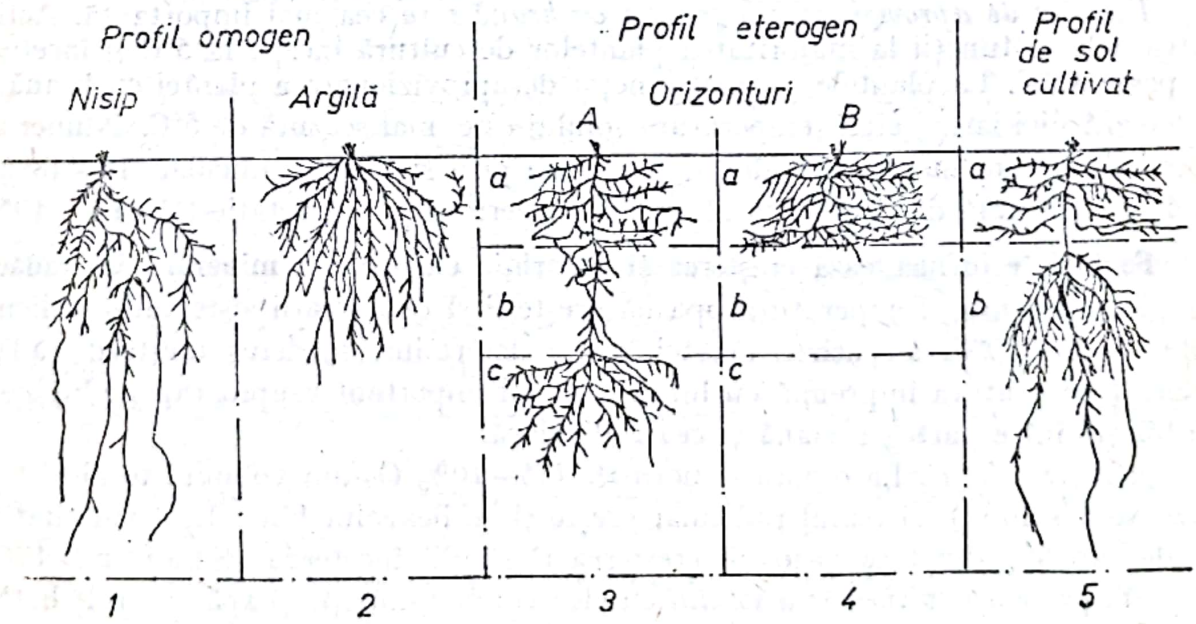
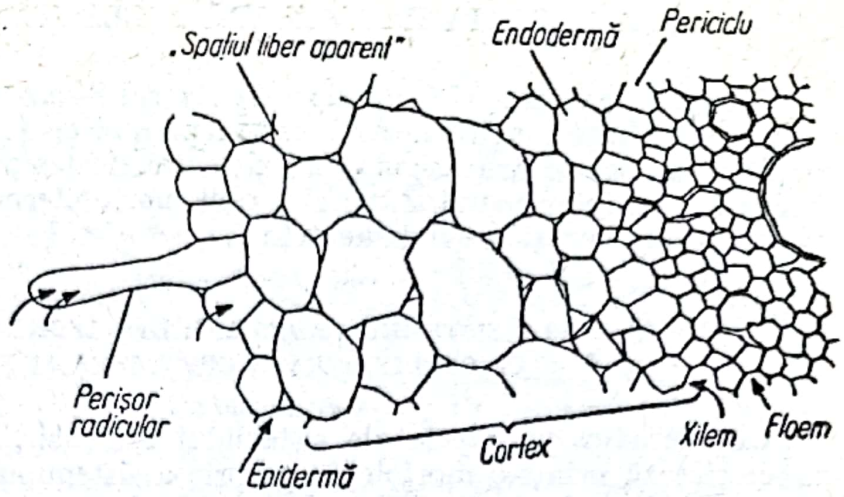


Fig. 2.3. Modificarea formei de creștere a sistemului radicular în funcție de omogenitatea sau eterogenitatea profilului de sol (după Bayens).

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 2.4. Secțiune prin rădăcină.



Tabelul 2.10

Compararea creșterii rădăcinilor și a perilor radiculari la diferite culturi într-un volum de 652 cm³ (după R u s s e l)

Cultura	Rădăcini		Perișori radiculari			Volumul ocupat de rădăcini și perișorii radiculari din volumul solului (%)
	Lungimea (m)	Suprafața (cm^2)	Numărul (milioane bucăți)	Lungimea (m)	Suprafața (cm^2)	
Ovăz	4,56	316	6,3	743,7	3 419	0,55
Secară	6,6	503	12,5	1 649,4	7 677	0,85
Soia	2,9	406	6,1	5,94	277	0,31
Fineață	38,4	2 129	51,6	5 166,3	15 206	2,80

Funcțiile sistemului radicular. Sistemul radicular are două funcții esențiale: *funcția mecanică* și *funcția de aprovizionare a plantei cu apă și hrană.*

Funcția mecanică constă în ancorarea plantei de sol, în special cu ajutorul rădăcinilor laterale și al celor lignificate.

Funcția de aprovizionare a plantei cu hrană este cea mai importantă. Activitatea acestei funcții la majoritatea plantelor de cultură începe la 5°C și încetează la peste 45°C. La plantele perene, funcția de aprovizionare a plantei cu hrană nu încetează nici iarna, cînd temperatura solului este mai scăzută de 5°C. Numeroase specii de plante în perioada de iarnă absorb prin sistemul radicular 16—18% N și 4—7% P, față de cantitatea absorbită în perioada de vegetație (M a r i, 1958).

Factori ce influențează creșterea și absorbția elementelor minerale în rădăcini

Temperatura. Temperatura optimă creșterii și dezvoltării sistemului radicular este de 25—30°C. Depășirea acestei limite determină scăderea creșterii rădăcinilor. Temperatura împreună cu lumina au rol important asupra raportului ce se stabilește între partea aeriană și cea radiculară.

Aerația solului. La o aerație normală (15—20% O_2 din volumul total al fazei gazoase a solului), sistemul radicular crește și se dezvoltă bine. În cazul cînd O_2 scade sub 5% din faza gazoasă, creșterea rădăcinii încetează (S t a i c u, 1969).

Starea de aprovizionare a solului cu elemente de nutriție și apă are rol hotărîtor asupra creșterii și răspîndirii sistemului radicular. De aceea fertilizarea are un efect remarcabil asupra dezvoltării sistemului radicular (fig. 2.5 și tabelul 2.11)

Scanned with OKEN Scanner

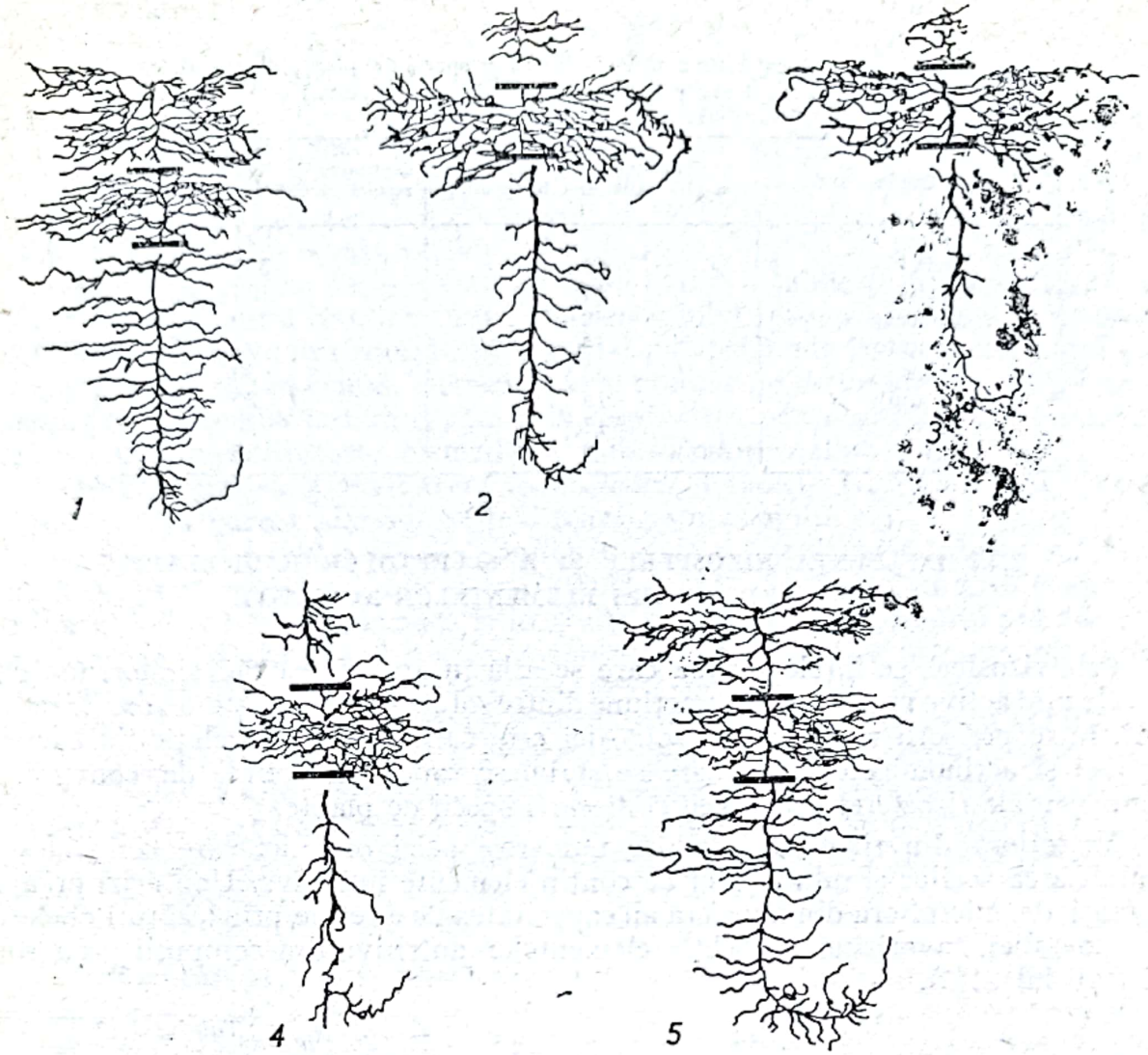


Fig. 2.5. Efectul aplicării elementelor nutritive asupra creşterii sistemului radicular:
1 — fără tratament; 2 — cu fosfor; *3* — cu $N-NO_3^-$; *4* — cu $N-NH_4^+$; *5* — cu potasiu.

Tabelul 2.11

Influenţa fertilizării asupra formării sistemului radicular şi asupra recoltei (Ferenbaher)

Varianta	Greutatea rădăcinilor (t/ha)	Adîncimea de răspîndire (cm)	Producţia de boabe (q/ha)
Nefertilizat	1,02	83	12,5
Fertilizat cu NPK	1,52	247	46,9

Un sol cu conţinut bogat şi echilibrat de elemente nutritive măreşte suprafaţa radiculară.

Capacitatea de schimb ionic a sistemului radicular. Perii radiculari posedă capacitatea de schimb ionic. Aceasta diferă de la o specie la alta (tabelul 2.12). Dicotiledonatele posedă o capacitate de schimb ionic mai ridicată decît monocotiledonatele.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.12

Capacitatea de schimb cationic a rădăcinilor unor specii de plante şi cantităţile de calciu extrase prin recoltă (după diverse surse)

Specia	Capacitatea de schimb a rădăcinilor (me/100 g s.u.)	Cantitatea de CaO extrasă prin recoltă (recoltă mijlocie), (kg/ha)
Soia	65	350
Sfeclă	51	120
Lucernă	48	230
Tomate	35	93
Ovăz	23	30
Porumb	15	25
Orz	12	30
Grîu	9	35

2.2.2. INFLUENŢA RIZOSFEREI ŞI A SECREŢIILOR RADICULARE ASUPRA ABSORBŢIEI ELEMENTELOR NUTRITIVE

Prin rizosferă se înţelege zona care se află în apropierea rădăcinilor, unde au loc cele mai active procese de interacţiune dintre sol şi rădăcină. Este o zonă intermediară între perişorii radiculari şi sol. Aici este cantonată o populaţie de bacterii, ciuperci şi actinomicete, între care se stabilesc raporturi optime de convieţuire. Componentele rizosferei sînt specifice fiecărei specii de plante.

Microflora din rizosferă produce numeroşi acizi organici care contribuie la solubilizarea rocilor şi mineralelor ce conţin elemente nutritive. Unii acizi organici eliberaţi de microflora din rizosferă au capacitatea de a reţine prin legături chelatice ionii metalici, favorizînd absorbţia elementelor nutritive din compuşii greu solubili (tabelul 2.13).

Tabelul 2.13

Influenţa microorganismelor asupra creşterii plantelor, avînd ca sursă de fosfor fosfatul tricalcic insolubil (G e r r e t s o n)

Planta	Modul de cultivare pe sol	Masa totală a plantelor uscate (g)
Ovăz	Steril	3,4
	Contaminat	9,7
Muştar	Steril	10,8
	Contaminat	22,5
Floarea-soarelui	Steril	17,3
	Contaminat	38,3

Excreţiile radiculare sînt de natură organică şi minerală. Cele organice sînt glucide, aminoacizi, acizi organici, nucleotide, vitamine, flavone, enzime etc. Ele constituie un mediu nutritiv deosebit de favorabil microorganismelor din rizosferă. Excreţiile minerale sînt alcătuite din cationi şi anioni (H^+, K^+, Ca^{2+}, $H_2PO_4^-$ etc).

Excreţiile radiculare deplasează echilibrul ionilor consecutiv cu absorbţia lor, contribuind la mobilizarea substanţelor greu solubile sau insolubile. Enzimele, excretate de către rădăcini şi microorganisme, favorizează degradarea compuşilor organici din sol, contribuind la circuitul elementelor nutritive.

Scanned with OKEN Scanner

2.2.3. MECANISMUL ABSORBȚIEI ELEMENTELOR NUTRITIVE ÎN RĂDĂCINĂ

Elementele nutritive sînt absorbite sub formă de ioni, de chelați și de complecși organici (acizi humici, aminoacizi). Absorbția elementelor are loc din soluția solului, prin perii absorbanți (mai puțin prin partea nesuberificată).

Deplasarea elementelor în soluția nutritivă spre perii radiculari se face în stare de ioni, sub influența forțelor electrostatice, în această stare intrînd în reacții de schimb cu ionii din celula perilor radiculari.

Principalele surse de ioni sînt diversele săruri solubile (nitrați, sulfați, fosfați, cloruri) sau unii acizi slabi precum și coloizii solului (prin schimb ionic). Elementele metalice chelatizate sau complecșii organici pot pătrunde în perii radiculari și sub formă moleculară. În celulă, elementul este preluat fie de un alt compus organic cu însușiri chelatice mai puternice, fie prin degradarea pe cale metabolică a complexului chelatizant și eliberarea elementului sub formă de cation.

Absorbția pasivă a ionilor de către sistemul radicular are loc fără cheltuială de energie din partea plantei. Se realizează pe mai multe căi:

— *Absorbția pe calea difuziei ionilor.* O dată cu deplasarea soluției solului sub formă de *flux continuu* din zone mai umede spre cele mai uscate, din apropierea perilor absorbanți, se deplasează și ionii din soluție. Uscarea solului din zona perilor absorbanți se datorează evapotranspirației. Această diferență de umiditate, de presiune și de concentrație poate fi exprimată prin *legea lui Fick.*

Cantitatea de ioni transportați prin difuziune nu se corelează cu cantitatea de apă deplasată într-un anumit interval de timp, deoarece nici activitatea lor nu este identică (tabelul 2.14). Rezultă că apa absorbită de către plante nu asigură necesarul de fosfor și potasiu, în schimb asigură cantități excesive de calciu și magneziu. De aceea primele două elemente (P, K) vor fi absorbite și pe alte căi pentru satisfacerea cerinței plantei.

Tabelul 2.14

Cantitatea de elemente deplasate spre rădăcini o dată cu apa (Duthil, 1971)

Elemente considerate	Concentrația obișnuită în soluția solului (mg/l)	Transportul prin 5 000 m³ apă (kg/ha)	Necesarul unei culturi (kg/ha)	Importanța transportului în aprovizionarea plantei
P	0,2	1	50	foarte slabă
K	10,0	50	150	insuficientă
Ca	200,0	1 000	100	optimă
Mg	25,0	125	25	excesivă

Din exterior, apa încărcată cu ioni pătrunde tot prin difuzie în „spațiul liber aparent" (fig. 2.6) care se găsește între celulele epidermei. Ionii care au pătruns în „spațiul liber aparent" pot fi extrași și identificați ușor, dacă rădăcinile se introduc în apă distilată. Acești ioni constituie o rezervă importantă pentru absorbția metabolică, iar apa în care se găsesc reprezintă o rezervă pentru perioadele de secetă.

Volumul „spațiului liber aparent" este de 8—10% din volumul total al celulelor radiculare (Levit, 1957).

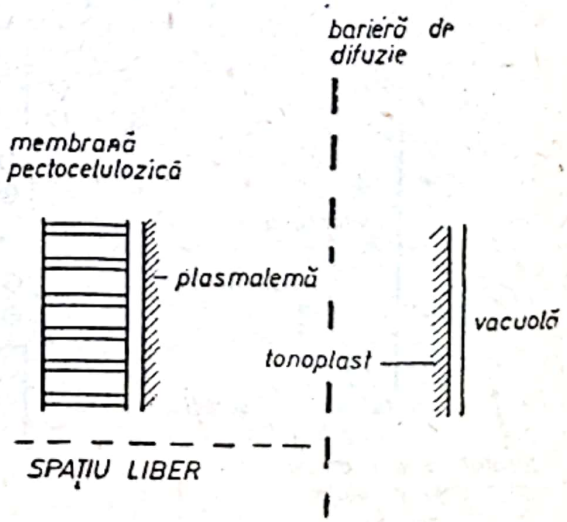


Fig. 2.6. Spațiul liber aparent.

— *Absorbția pe baza schimburilor ionice.* Pereții epidermei celulelor rădăcinii sînt

acoperiți de o *membrană scheletică* ce este străbătută de pori, prin care pătrunde apa încărcată cu ioni nutritivi. Membrana este de natură pectocelulozică, are proprietatea de a reține ioni și de a face schimb de ioni pe baza legii *echilibrului de membrană Donnan*. Acest echilibru termodinamic pornește de la următoarele considerente:

$$[Na^+]_i\ [Cl^-]_i = [Na^+]_e \cdot [Cl^-]_e \qquad (2.1)$$

Relația poate fi regrupată sub forma:

$$\frac{[Na^+]_i}{[Na^+]_e} = \frac{[Cl^-]_e}{[Cl^-]_i}, \qquad (2.2)$$

ceea ce înseamnă că raportul dintre concentrațiile cationilor reținuți de coloizii perilor absorbanți *(i)* și cei din soluția externă *(e)* este invers proporțional cu raportul dintre concentrațiile ionilor din soluția externă și cei absorbiți de coloizii perilor radiculari. În cazul cînd în soluție există mai multe tipuri de ioni, relația se scrie sub forma:

$$\frac{[Na^+]_i}{[Na^+]_e} = \frac{[K^+]_i}{[K^+]_e} = \frac{[Ca^{2+}]_i^{1/2}}{[Ca^{2+}]_e^{1/2}} = \frac{[Cl^-]_e}{[Cl^-]_i} = \frac{[PO_4^{3-}]_e^{1/3}}{[PO_4^{3-}]_i^{1/3}} \qquad (2.3)$$

Legea echilibrului de membrană Donnan explică existența inegalității presiunii osmotice între două compartimente separate printr-o membrană dializantă și deplasarea ionilor în sens invers gradientului osmotic.

—*Absorbția pe calea electroosmozei.* Suprafața internă a membranei citoplasmatice și suprafața canaliculelor ce străbat citoplasma sînt prevăzute cu un strat dublu de ioni cu sarcini contrare, numit *strat dublu electric Helmholz* (fig. 2.7), care formează un cîmp electric. Sarcinile electrice sînt capabile să atragă ioni de semn contrar. Datorită diferenței de potențial dintre compartimente, creată și de inegalitatea densității de elemente (de electroni) care străbat canaliculele, unii ioni străbat cu viteză aceste spații și ajung în interiorul celulei.

—*Absorbția prin pinocitoză.* Plasmalema are o suprafață plină cu invaginațiuni. În acestea pătrunde apa ce transportă ionii. Invaginațiunile, după un timp, se izolează în vezicule care migrează spre interiorul celulei unde se află în legătură cu reticulul endoplasmatic o perioadă de timp, după care suferă un proces de resorbție.

Absorbția activă se desfășoară cu consum de energie ce rezultă din activitatea metabolică. Are loc la nivelul *sistemului redox al ferocitocromului*, cînd apare o valență liberă ce permite transferul de electroni:

$$Cit\text{-}Fe \rightleftharpoons Cit\text{-}Fe^+ + e^-. \qquad (2.4)$$

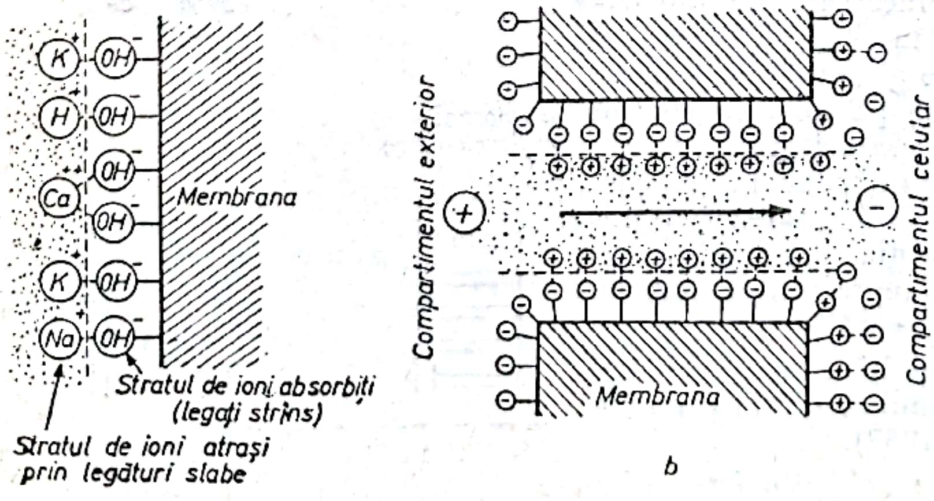


Fig. 2.7. Dublul strat electric al lui Helmholtz:

a — membrană încărcată electric prin adsorbția ionilor electronegativi atrași prin influența unui strat de ioni electropozitivi; *b* — același fenomen se produce la nivelul canaliculelor. Apariția unui cîmp electric care poate fi cauza prin polarizare a membranei care determină migrarea unui fir de apă cu ioni (după Binet și Brunel, 1967).

Scanned with OKEN Scanner

Citocromul, în urma acestui proces, este capabil să fixeze anioni (L u n d e g a r d h , 1954):

$$\text{Cit-Fe}^{+} + \text{A}^{-} \rightleftharpoons \text{Cit-Fe}^{+} \cdot \text{A}^{-}. \qquad (2.5)$$

În prezența unui anion, reacțiile 2.4 și 2.5 pot fi cuplate:

$$\text{Cit-Fe}^{2+} + \text{A}^{-} \rightleftharpoons \text{Cit-Fe}^{+} \cdot \text{A}^{-} + \text{e}^{-}. \qquad (2.6)$$

Lanțul de citocromi permite transportul electronilor prin încărcarea și descărcarea succesivă a fiecărui citocrom de la suprafața celulei pînă la vacuolă.

E p s t e i n și H a g e n (1952) susțin că anumite componente celulare cum sînt citocromii, mitocondriile, aminoacizii, diverse peptide și fosfatide posedă însușirea de a servi drept transportor de ioni *(Tr)*, care se unesc cu ionii *(A)* reținuți la exteriorul ectoplasmei:

$$Tr + A \rightleftharpoons TrA \rightleftharpoons Tr + A. \qquad (2.7)$$

Cuplul transportor-ion format traversează prin plasmalemă și descarcă ionii în citoplasmă sau îi predă altui transportor (fig. 2.8).

Formarea cuplului *TrA* și deplasarea lui are loc cu consum de energie, rezultată din reacțiile de fosforilare și din descompunerea glucidelor. Prezența ATP și ADP ca sursă de energie este absolut necesară. Se consideră că transportorii de ioni au însușiri selective. De exemplu K^{+}, NO_3^{-} au cîte un transportor specific. Alți transportori pot deplasa două sau mai multe specii de ioni, însă nu deodată. Ionii des-

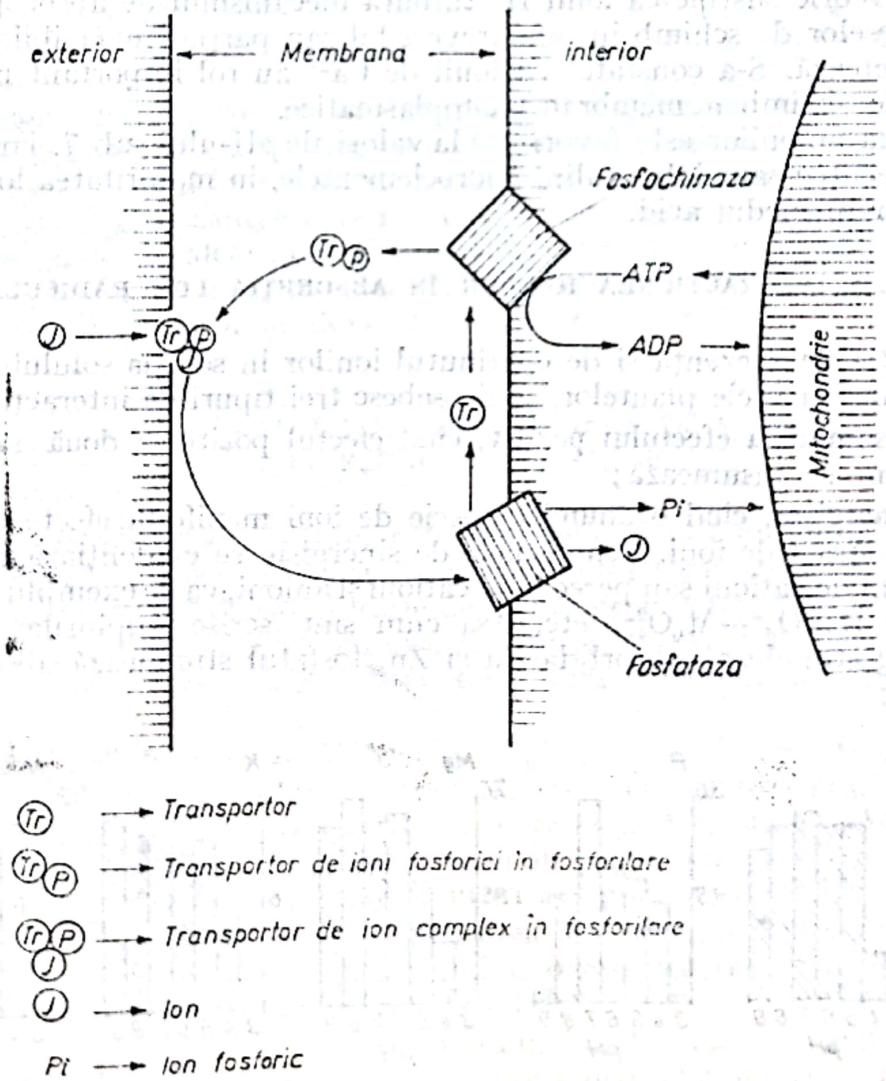


Fig. 2.8. Schema teoretică a transportului de ioni în plante (după **M e n g e l**, 1978).

Scanned with OKEN Scanner

cărcați în sucul vacuolar sînt transportați pe cale osmotică în xilem și de aici prin tulpină la frunze unde are loc cel mai important proces din lumea vie — *fotosinteza.*

Absorbția activă a elementelor nutritive este strîns legată de fotosinteză. Cu cît procesul de fotosinteză este mai intens, cu atît absorbția activă a ionilor nutritivi este mai intensă.

2.2.4. INFLUENȚA REACȚIEI MEDIULUI ASUPRA ABSORBȚIEI ELEMENTELOR NUTRITIVE

Pentru majoritatea plantelor, reacția mediului prezintă o importanță deosebită în absorbția elementelor nutritive (fig. 2.9,). Fiecare specie are nevoie de anumite condiții de reacție a mediului și pentru o bună nutriție și formare a masei vegetale (vezi tabelul 4.1).

Pentru a explica influența *p*H-ului asupra absorbției elementelor nutritive există două teorii. Prima teorie pledează pentru ideea că ionii H^+ micșorează absorbția cationilor în rădăcină, deoarece aceștia au activitate ionică mai ridicată și ocupă mai repede pozițiile ionizate. Ținînd seama de faptul că absorbția cationilor pe moleculele transportoare de ioni se face prin schimb cu ionii H^+ în punctele ionizabile, rezultă că ionii H^+ din soluția externă vor micșora absorbția altor specii de cationi la grupările cu însușiri bazice.

A doua teorie susține că ionii H^+ tulbură mecanismul de absorbție prin favorizarea proceselor de schimb în sens ireversibil sau parțial reversibil. Ambele teorii se completează. S-a constatat că ionii de Ca^{2+} au rol important în menținerea capacității de schimb a membranei citoplasmatice.

Absorbția anionilor este favorizată la valori ale *p*H-ului sub 7, iar cea a cationilor la *p*H neutru sau slab alcalin. Microelementele, în majoritatea lor, sînt absorbite mai ușor în mediu acid.

2.2.5. INTERACȚIUNEA IONILOR ÎN ABSORBȚIA LOR RADICULARĂ

În funcție de prezența și de conținutul ionilor în soluția solului sau în soluția nutritivă și de cerințele plantelor, se deosebesc trei tipuri de interacțiuni:

— **de însumare a efectului pozitiv,** cînd efectul pozitiv a două sau mai multe specii de ioni se însumează;

— **de sinergism,** cînd o anumită specie de ioni manifestă efect pozitiv în absorbția altei specii de ioni. Fenomenele de sinergism se evidențiază cînd se iau în studiu perechi de cationi sau perechi de cationi și anioni, ca de exemplu: Mg^{2+}—Cu^{2+}; Mg^{2+}—Zn^{2+}; $H_2PO_4^-$—$M_0O_4^{2-}$ etc. Așa cum sînt scrise cuplurile de mai sus, rezultă că Mg stimulează absorbția Cu și Zn, fosfatul stimulează absorbția molibdenului etc.;

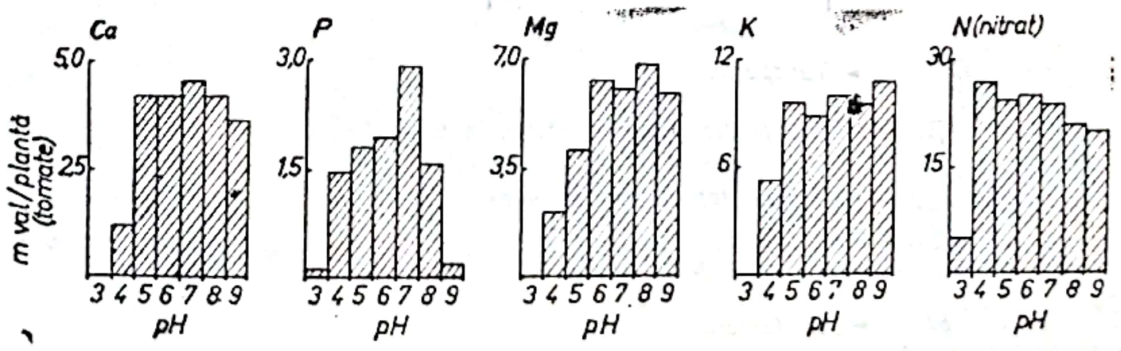


Fig. 2.9. Efectul *p*H-ului asupra absorbției ionilor (după **M e n g e l**, 1979).

Tabelul 2.15

Scăderea absorbției Ca^{2+}, Mg^{2+} și Na^{+} cînd se aplică doze crescînde de potasiu (după N a u g t citat de V o i s i n)

KCl în kg/ha	Conținutul, în % din s.u. de *Dactylis glomerata*		
	Calciu	Magneziu	Sodiu
0	0,52	0,22	0,91
63	0,49	0,23	0,70
127	0,34	0,16	0,16
257	0,35	0,17	0,11
508	0,33	0,17	0,04

— **de antagonism,** cînd acțiunea unuia sau a mai multor specii de ioni micșorează efectul pozitiv sau negativ al altor specii de ioni. Cele mai interesante fenomene de antagonism studiate sînt cele între diferite perechi de cationi sau perechi de cationi și anioni, la diverse valori ale *p*H-ului (tabelul 2.15). Se remarcă scăderea absorbției unei specii de ioni sub acțiunea celeilalte.

Perechile de ioni între care se constată frecvent acțiuni antagoniste sînt:

NO_3^-: K^+ NH_4^+: K^+ K^+: Mg^{2+} Ca^{2+}: H^+ Mg^{2+}: Na^+ Mn^{2+}: Mg^{2+} Cu^{2+}: Fe^{2+}

NO_3^-: Cu^{2+} NH_4^+: Ca^{2+} K^+: Ca^{2+} Ca^{2+}: Na^+ Mg^{2+}: Fe^{2+} Mn^{2+}: Fe^{2+} Cu^{2+}: Mn^{2+}

NH_4^+: Mg^{2+} K^+: Fe^{2+} Ca^{2+}: Fe^{2+} Zn^{2+}: Fe^{2+} Zn^{2+}: Ca^{2+}

Fenomenele de antagonism au importanță în aplicarea echilibrată a îngrășămintelor, trebuind să se țină seama de conținutul solului în diverse specii de ioni nutritivi. Aplicarea unui îngrășămînt în cantități mari produce frecvent acțiuni antagoniste, avînd loc o scădere a producției sau dînd naștere la efecte de carențe nutritive. De aceea, în alcătuirea planurilor de fertilizare cu îngrășăminte, trebuie să se țină seama de interacțiunea dintre elemente și de realizarea unui echilibru nutritiv favorabil creșterii și dezvoltării plantelor.

2.2.6. STĂRILE DE APROVIZIONARE A PLANTELOR CU ELEMENTE NUTRITIVE

Creșterea și dezvoltarea plantelor depinde de acțiunea simultană a mai multor factori de vegetație, respectiv de acțiunea mai multor elemente nutritive. În cadrul acestor acțiuni au fost elaborate o serie de legi și principii, discutate în capitolul 1 al acestei lucrări. Potrivit legii acțiunii factorilor de vegetație, dacă unul dintre factori este deficitar, acesta determină desfășurarea anormală a procesului biologic respectiv.

Referitor la nivelul de aprovizionare a plantelor cu elemente de nutriție se deosebesc următoarele stări: starea normală, carența, insuficiența, nivelul critic, nivelul de abundență (consum de „lux"), excesul și toxicitatea. Acestea au fost formulate pe baza corelației ce se manifestă între nivelul recoltei și concentrația unui element în anumite organe sau țesuturi ale plantei (fig 2.10).

Starea normală este cînd toate elementele de nutriție se găsesc în cantități îndestulătoare și echilibrate, ele determinînd o creștere și dezvoltare normală a plantelor, producția fiind ridicată și de calitate.

Carența este cauzată de absența unuia sau mai multora din elementele nutritive, ceea ce determină o slabă creștere și dezvoltare a plantelor sau chiar moartea acestora. Carențele sînt identificabile vizual prin simptome caracteristice. În cazul

Scanned with OKEN Scanner

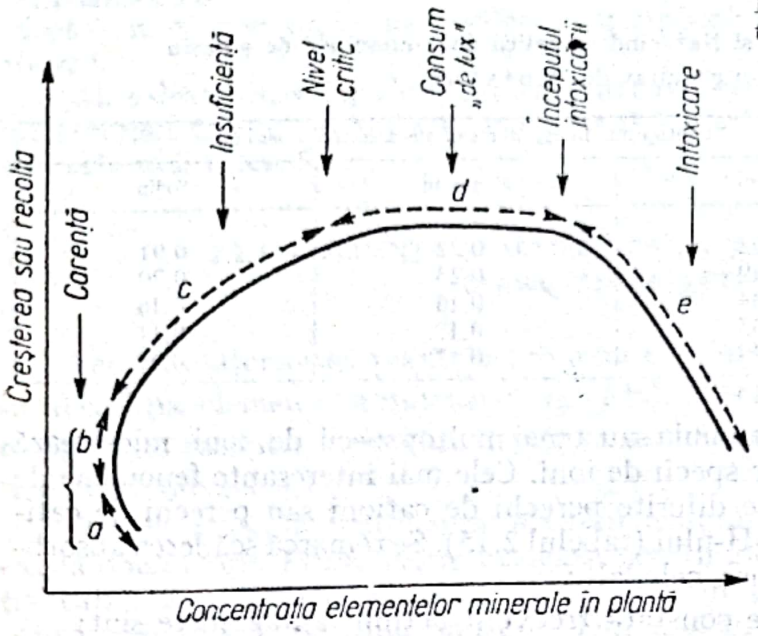


Fig. 2.10. Corelaţia dintre creşterea plantei (recoltă) şi concentraţia elementelor din plantă (după **Prevost** şi **Olangnier**, 1954).

azotului şi magneziului, simptomele constau în îngălbenirea frunzelor din etajul inferior al plantelor, carenţa de fosfor se manifestă prin coloritul antocianic al frunzelor, iar carenţa de potasiu prin brunificarea marginală şi apoi brunificarea integrală a frunzei.

Insuficienţa (carenţa ascunsă) este starea în care organele vegetative sînt aprovizionate nesatisfăcător cu un element, ceea ce determină schimbări de ordin fiziologic, cu micşorarea recoltelor.

Nivelul critic exprimă momentul de trecere de la starea de insuficienţă la cea normală. Aplicarea elementului respectiv în sol sporeşte concentraţia lui în masa vegetală a plantei, fără a contribui la ridicarea nivelului recoltei.

Nivelul de abundenţă (consum „de lux") este starea în care elementele nutritive se acumulează în ţesuturile plantei fără a manifesta efecte toxice, dar nici nu produc sporuri de recoltă.

Excesul are loc cînd concentraţia unui element acumulat în plantă depăşeşte un anumit nivel, ceea ce tulbură procesele fiziologice şi modifică raportul dintre partea aeriană şi cea subterană a plantelor. În condiţii de exces, elementul excedentar nu este asimilat integral în compuşi organici ci se acumulează în plantă sub formă anorganică, cu apariţia unor semne evidente dăunătoare organismului vegetal.

Toxicitatea este starea în care un element este absorbit în plante în concentraţii prea ridicate, încît alterează desfăşurarea normală a proceselor metabolice sau determină încetarea activităţii vitale a celulelor.

Teste recapitulative

2.1. Descrieţi compoziţia chimică a plantelor, mecanismul nutriţiei lor radiculare şi intercondiţionarea ionilor în legătură cu aplicarea îngrăşămintelor.

2.2. Arătaţi componentele producţiei biologice a plantelor şi ilustraţi dependenţa nivelului recoltelor de stările de nutriţie.

2.3. Caracterizaţi nevoile plantelor în raport cu vîrsta, fazele de vegetaţie şi nivelul recoltelor.

Scanned with OKEN Scanner

3. SOLUL CA MEDIU DE NUTRIȚIE PENTRU PLANTE ȘI APLICAREA ÎNGRĂȘĂMINTELOR

Fertilitatea solului este însușirea acestuia de a furniza plantelor substanțe nutritive, apă și alți factori ai creșterii și dezvoltării lor. Reglarea acestei însușiri se face prin măsuri agrochimice, pe baza cunoașterii constituenților solului și a proceselor fizice, chimice și biologice ce se desfășoară în mod permanent în sol.

Din punct de vedere fizic, solul este un sistem polidispers, structurat și poros, alcătuit din trei faze: solidă, lichidă și gazoasă. Fiecare dintre faze influențează în mod specific aprovizionarea plantelor cu substanțe nutritive.

3.1. FRACȚIUNEA MINERALĂ A SOLULUI

Fracțiunea minerală este formată din fragmente cu diverse dimensiuni, variind de la o milionime de mm în diametru, pînă la mai mult de un milimetru. Fragmentele acestei fracțiuni se pot clasifica după proveniență și după compoziția lor chimică.

După proveniență se deosebesc minerale de origine primară și minerale de origine secundară.

Mineralele primare provin din roci eruptive sau metamorfice prin dezagregarea acestora sub acțiunea agenților atmosferici, compoziția lor chimică rămînînd relativ neschimbată după dezagregare.

Mineralele secundare provin din roci sedimentare sau din alterarea pe loc a mineralelor primare.

După **compoziția lor chimică,** mineralele se împart în silicați și aluminosilicați. Silicatul cel mai răspîndit în natură este cuarțul (SiO_2).

Silicații se întîlnesc în toate solurile, mai ales sub formă de particule de mărimea nisipului sau prafului, constituind între 50—90% din totalul componentelor acestora.

Aluminosilicații sînt particule de origine primară sau secundară ce conțin și Al pe lîngă Si și O. Aluminosilicații cei mai răspîndiți fac parte din grupa feldspaților, care pot fi de *potasiu*, cu formula generală $K[AlSi_3O_8$ (ortoclas) și de *sodiu* sau de *calciu* purtînd numele de plagioclazi, cu formula $Na[AlSi_3O_8]$ (albit) și respectiv $Ca[Al_2Si_2O_8]$ (anortit). În cantități mai mici se găsesc mica albă sau *muscovita* (mica potasică: $KAl_2[(HO, F)_2(AlSi_3O_{10})]$, mica neagră sau *biotita* (mica fermagneziu): $K(Mg, Fe)_3[(HO, F)_2(AlSi_3O_{10})]$ și *flogopita* (mica magneziană: $K_2Al_2Si_6Mg_6O_{20}(OH)_4$). Micele provin din rocile eruptive sau din cele metamorfice, constituind adesea principala sursă de potasiu utilizabil de către plante.

Indiferent de proveniența lor, mineralele secundare sînt de o importanță excepțională pentru nutriția plantelor și utilizarea îngrășămintelor, întrucît de ele depind în mare măsură însușirile fizico-chimice legate de fertilitatea solului. Ele participă la reacții de schimb de cationi și anioni cu soluția solului, la reacții de reținere și fixare a acestora.

Studiul structurii mineralelor s-a făcut prin metoda difracției cu raze *X*. Pe această cale s-a recunoscut că silicații și aluminosilicații sînt alcătuiți din anioni și cationi, la fel ca toate sărurile, anionii avînd structuri foarte complicate, de cele mai multe ori macromoleculare.

Silicații sînt alcătuiți din elemente structurale în constituția cărora intră fie atomi de Si și O, fie atomi de Si, O și H. Deoarece siliciul nu formează duble legături cu oxigenul, în natură nu pot exista molecule izolate de SiO_2 de forma O = Si = O. În silicați, atomii de siliciu, tetravalenți, se unesc cu patru

Scanned with OKEN Scanner

atomi de O prin legături tari covalente, orientate, formînd elemente structurale stabile de SiO_4, de forme regulate numite *tetraedre*. Atomul de siliciu dintr-un tetraedru se află așezat simetric între patru atomi de oxigen, distanța Si—O fiind de circa 1,6 Å (Å = 10^{-10}m), iar cea dintre doi atomi de oxigen de 2,6Å (fig. 3.1.*a* și 3.1,*b*). Mărimea atomilor de siliciu (r = 0,39 Å) este inferioară celei de oxigen (r = 1,39Å). Fiecare tetraedru poate fi considerat un anion cu patru sarcini libere (SiO_4^{4-}), anionul de ortosilicat, sarcinile libere putînd fi neutralizate cu baze sau prin unirea tetraedrelor între ele. Unirea tetraedrelor se face prin punerea în comun a atomilor de oxigen din vîrfurile lor. Astfel, din unirea a două tetraedre rezultă anionul de pirosilicat, $Si_2O_7^{6-}$ (vezi fig 3.1 *b*), comparabil cu ionul de pirofosfat, sau pirosulfat. Dacă se unesc mai multe tetraedre sub formă de lanț rezultă catene macromoleculare a căror formulă empirică este $(SiO_3)_n^{2n-}$, considerată înainte ca aceea a unor metasilicați, cu ion monomer SiO_3^{2-}(fig. 3.1,*c*). Dacă se unesc mai multe lanțuri de tetraedre între ele, rezultă anioni macromoleculari bidimensionali de forma unei foițe sau strat cu structura ciclică, avînd formula empirică $Si_2O_5^{2-}$(fig. 3.1,*d*), la care toate tetraedrele din interior au colțuri comune, rămînînd liberă o singură sarcină negativă de la un oxigen al fiecărui tetraedru. În fine, dacă se suprapun două foițe de tetraedre și se unesc între ele prin valențele libere ale atomilor de oxigen rezultă *rețele macromoleculare tridimensionale* care alcătuiesc un pachet,

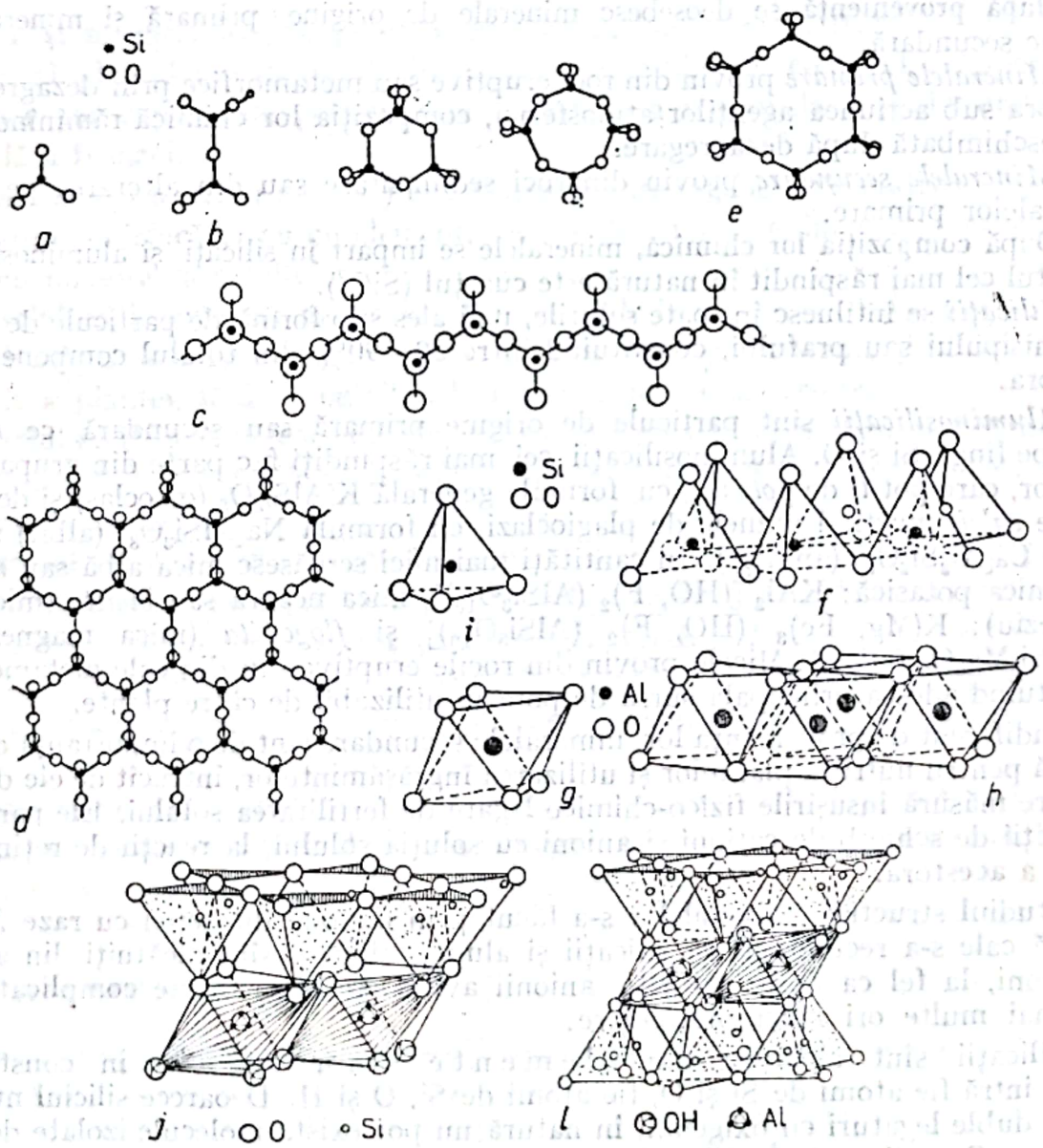


Fig. 3.1. Tetraedre de siliciu și octaedre de aluminiu.

Scanned with OKEN Scanner

la care sarcinile interioare sînt neutralizate în totalitate, sarcini negative libere rămînînd numai la exterior.

Tetraedrele se pot uni între ele şi sub formă de cicluri, cu formula empirică $(SiO_3)_n^{2n-}$ (fig. 3.1,*e*).

Aluminosilicaţii sînt alcătuiţi din tetraedre de siliciu şi octaedre de aluminiu. Un octaedru de aluminiu rezultă din faptul că Al^{3+} este înconjurat octaedric de 6 atomi de O sau de grupe OH^- egal distanţate, cu formula $Al(OH)_6^{3-}$ (fig. 3.1, *g*), octaedrii alăturaţi (adiacenţi) avînd comuni trei atomi de oxigen sau trei grupări hidroxil. Unirea octaedrelor între ele dă naştere la foiţe de octaedre de aluminiu (fig. 3.1, *h*). Structura aluminosilicaţilor rezultă dintr-o suprapunere succesivă de foiţe de tetraedre de Si peste foiţe de octaedre de Al, legătura dintre foiţe făcîndu-se prin punerea în comun a unui oxigen de la fiecare tetraedru, care înlocuieşte un hidroxil de la octaedru. Oxigenul acesta leagă astfel atomii de Si şi cei de Al, făcînd „punţi de legătură" între cele două foiţe. Unirea foiţelor de tetraedre cu cele de octaedre dă naştere unor *pachete* care pot fi alcătuite fie din două foiţe (una de tetraedre şi alta de octaedre), fie din trei foiţe (o foiţă de octaedre aşezată între două foiţe de tetraedre, fig. 3.1, *g* şi *l*) ; mai multe pachete reunite la un loc formează o particulă minerală de sol. Elementul structural ce rezultă astfel este neutru la interior deoarece nu rămîn sarcini electrice libere care să poată fi compensate cu baze, asemenea sarcini negative libere (care provin de la oxigen) rămînînd numai la exteriorul particulei.

Funcţie de diversele combinaţii dintre foiţele de tetraedre de Si şi cele de octaedre de Al se deosebesc trei grupe de minerale: grupa montmorilonitului, grupa caolinitului şi grupa micelor hidratate.

La mineralele din *grupa caolinitului* reţeaua este formată din pachete de cîte două foiţe, una de tetraedre de Si şi alta de octaedre de Al, unite între ele prin atomi comuni de oxigen (fig. 3.2). Pachetele învecinate sînt unite între ele prin legături de hidrogen care împiedică extinderea reţelei (mărimea distanţei dintre pachete) cînd particulele vin în contact cu apa. Acest tip de structură aparţine mineralului numit caolinit, fiind o reţea de tipul 1:1, deoarece într-un pachet se găsesc două foiţe, una de tetraedre şi alta de octaedre. La holoisit, un alt mineral din această grupă, între două pachete se află un strat de molecule de apă prinse cu legături de hidrogen atît de foiţa de octaedre cît şi de aceea de tetraedre.

La mineralele de *tipul montmorilonitului* reţeaua este formată din suprapuneri de pachete alcătuite, fiecare din cîte trei foiţe, două de tetraedre de Si, între care se află o foiţă de octaedre de Al. Se spune că este o reţea de tipul 2:1. Distanţa dintre două pachete este mai mare decît la caolinit (9,6—21,4 Å), permiţînd pătrunderea unui mare număr de molecule de apă încărcate cu diverşi ioni (fig. 3.3). Această structură conferă montmorilonitului proprietatea de a se îmbiba cu apă, fiind un aluminosilicat cu reţea *expandabilă*, ceea ce înseamnă că în stare uscată

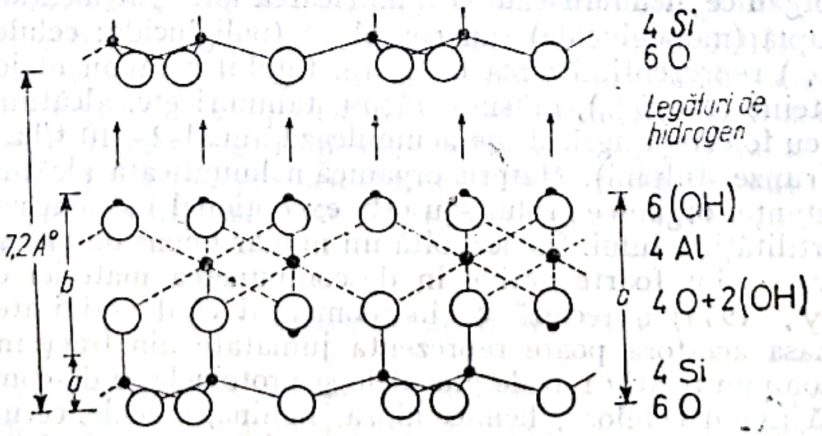


Fig. 3.2. Reţeaua cristalină a caolinitului:
a — foiţă de tetraedre de Si; *b* — foiţă de octaedre de Al.

Scanned with OKEN Scanner

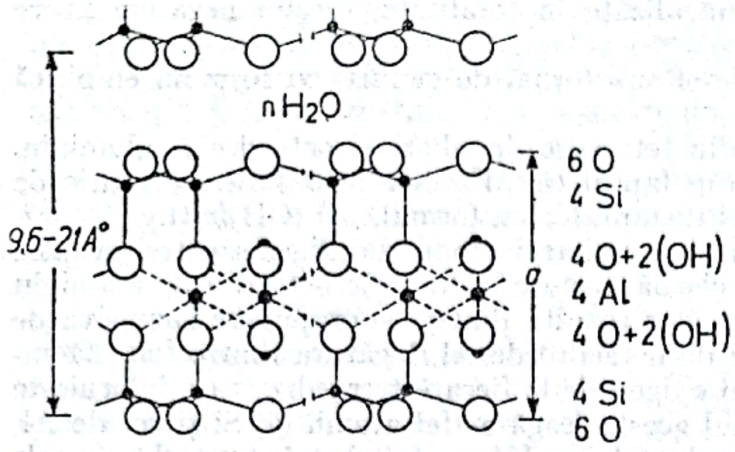


Fig. 3.3. Rețeaua cristalină a montmorilonitului:
a — pachet de aluminosilicat.

spațiul dintre pachete scade la 9,6 Å, iar cînd argila este umedă, spațiul crește pînă la 21,4 Å. Din grupa montmorilonitului fac parte mineralele: montmorilonit, beidelit, nontronit.

Rețeaua *micelor hidratate* este asemănătoare celei a montmorilonitului, adică este tot de tipul 2:1 cu deosebirea că legătura dintre pachete se face prin diverse specii de cationi. Astfel, la *illit* legătura dintre două pachete se face prin ionii K^+, ceea ce face ca spațiul dintre pachete să fie mai puțin expandabil decît la montmorilonit.

Argilele din grupa montmorilonitului sînt formate din fragmente de dimensiuni foarte mici, circa 50% din totalul greutății lor fiind particule coloidale și 30% precoloidale (diametrul între 0,001—0,25 μ) ($1\mu = 10^{-6}$m). Ele au suprafață specifică foarte mare și se îmbibă ușor cu apă, devenind vîscoase și adezive. Argilele caolinitice sînt mai puțin disperse ca cele montmorilonitice. Micele hidratate sînt formate mai mult din particule de dimensiunile argilelor, au compoziție foarte puțin stabilă și se găsesc în toate solurile.

3.2. FRACȚIUNEA ORGANICĂ A SOLULUI ȘI ÎNSUȘIRILE EI

Deși reprezintă o parte relativ mică comparativ cu restul fazei solide a solului, substanța organică îndeplinește un rol extrem de important prin funcțiile sale fizico-chimice sau biologice, servind ca sursă energetică pentru flora microbiană și ca factor de care depinde în mare parte starea de fertilitate a solului. Constituenții săi sînt resturi de plante și animale, organisme vii din sol, diverși compuși sintetizați de microorganisme, un mare număr de substanțe ce rezultă ca secreții radiculare sau din descompunerea substanței organice moarte. S-ar putea separa următoarele grupe esențiale: substanțe organice nehumificate; substanțe organice specifice solului (humusul); substanțe intermediare de descompunere a resturilor vegetale sau animale (acizi organici, aminoacizi, glucide, grăsimi, rășini, aldehide, chinone, fenoli, substanțe enzimatice etc.).

Substanțe organice nehumificate și humificarea lor. Sînt alcătuite din glucide cu moleculă simplă (monoglucide) sau complexă (poliglucide: celuloză, hemiceluloză, amidon etc.) reprezentînd circa 60% din totalul componentelor, din lignine (10—30%), proteine (1—10%), grăsimi, rășini, taninuri etc. alcătuind 1—8% din total. În soluri cu folosință agricolă se acumulează anual 2—10 t/ha resturi vegetale (rădăcini, frunze, tulpini). Materia organică nehumificată alcătuiește 10—15% din totalul substanței organice; rolul său este excepțional în menținerea activității biologice și a fertilității solului. Se dezvoltă un număr imens de bacterii, ciuperci și actinomicete, care sînt foarte active în descompunerea materiei organice. Unii autori (Brady, 1974) apreciază că în momentul cînd activitatea microbiană este intensă, masa acestora poate reprezenta jumătate din fracțiunea organică a solului. Se descompun relativ repede glucidele și proteinele, o descompunere lentă sau foarte lentă avînd celuloza, hemiceluloza, lignina, lipidele, cerurile, taninurile și altele. Celulele microorganismelor moarte sînt, de asemenea, descompuse rapid prin autoliză.

Scanned with OKEN Scanner

Pe măsura epuizării substanțelor organice, purtătoare de energie, activitatea anumitor specii de microorganisme încetează, începînd dezvoltarea altora care conduc procesul pînă la eliberarea de ioni nutritivi(NH_4^+, NO_3^-, SO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$ etc.), utilizabili de către plante. Procesul de descompunere este de natură enzimatică, endo- sau extracelular, asemănător digestiei suferite de nutreturile vegetale în stomacul organismelor animale. Rezultanta acestei activități poate fi divizată astfel:

— energie folosită de microorganisme sau energie degajată sub formă de căldură;

— produși finali de descompunere, cu moleculă simplă;

— substanțe incolore sau de culoare închisă ce rezultă în urma activității microorganismelor, alcătuite dintr-o masă heterogenă de natură coloidală numită *humus*.

Ca sursă de energie potențială, materia organică a solului are un rol extrem de important. Fiecare gram de resturi vegetale uscate la aer conține 4—5 kcal sub formă de energie chimică, ceea ce înseamnă că introducînd anual în sol 5 t/ha resturi vegetale, se introduce corespondentul a 2 mil. kcal. Un sol cu 3% substanțe organice în stratul arat, conține o energie potențială de circa $36 \cdot 10^7$ kcal. Din această energie microorganismele folosesc o parte pentru nevoile lor, altă parte se risipește în mediul înconjurător și, în fine, restul rămîne în produsele reziduale din sol. Energia degajată din activitatea microorganismelor ajunge la 35 mil. kcal/ha/an, dacă în sol s-au introdus cantități importante de materie organică.

Humificarea este procesul biochi mic prin care se trece de la substanțe organice sărace în azot la altele cu conținut ridicat atît în carbon cît și în azot, caracterizate prin prezența a numeroase grupări carboxilice și carbonilice. Procesul este complex și parcurge trei etape (F l a i g, 1960; K o n o n o v a, 1968): formarea unităților structurale ale substanțelor humice (radicali fenolici și chinonici, alți polimeri ai acestora); condensarea unităților structurale cu diverși compuși organici conținînd azot; polimerizarea produșilor de condensare.

Lignina este principala substanță implicată în formarea humusului (W a k s m a n, 1936). Aceasta are o moleculă complexă rezultată din polimerizarea unor monomeri cu masă moleculară foarte mare, rezistentă la acțiunea microorganismelor. Descompunerea ligninei se datorește unei activități enzimatice extracelulare a microorganismelor. Rezultă produși intermediari (vanilină, acid vanilinic, acid ferulic etc.) de la care, prin procese ulterioare de oxidare, hidroxilare și decarboxilare, se ajunge la radicali fenolici și hidrochinonă. Prin complexarea acestora cu substanțe provenite din descompunerea proteinelor (peptide, în special aminoacizi, amoniac) sau cu compuși cu azot de origine microbiană și cu polizaharide, se ajunge la substanțele humice. Acestea sînt polimeri tridimensionali cu grad diferit de polimerizare, alcătuite din nucleearomatice (fenolice sau chinonice), cu catene laterale ce poartă grupări funcționale carboxil (—COOH), hidroxil (—OH), carbonil (> C = O), fenoxi-(C_6H_5—OH), la care H^+ are tendința de a ioniza dînd sarcini negative libere) sau grupări metoxi (—OCH_3). Humusul astfel format este rezistent la acțiunea microorganismelor, azotul din constituția lui fiind protejat împotriva solubilizării și îndepărtării din sol. După formare, substanțele humice pot intra în reacție cu particulele coloidale de natură minerală, dînd naștere la compuși argilo-humici.

3.2.1. COMPONENTELE HUMUSULUI

Separarea componentelor humusului s-a făcut prin metode aproximative (S v e n O d e n; W e k s m a n și colab.), folosind precipitarea cu soluții acide sau alcaline sau pe baza diferenței de solubilitate în solvenți organici. S-a ajuns astfel la separarea a trei grupe principale: acizii humici, acizii fulvici și huminele.

Scanned with OKEN Scanner

Acizii humusului astfel separați nu sînt substanțe chimice individualizate, ale căror proprietăți să poată fi explicate pe baza cunoașterii structurii lor moleculare, ci sînt un amestec de mai multe substanțe, insuficient elucidate. Prin diverse metode, s-au separat și identificat mulți din acești constituenți, altora li s-au pus în evidență numai grupările funcționale, care au o mare importanță în legătură cu nutriția plantelor și folosirea îngrășămintelor.

Acizii huminici alcătuiesc fracțiunea ce imprimă culoarea brună a solului; au un grad avansat de polimerizare, masă moleculară foarte mare (10 000 — 100 000), sînt bogați în grupări carboxilice și fenolice care le imprimă caracterul acid. Compoziția lor elementară variază, în funcție de tipul de sol, în limitele următoare: C = 52 — 62%; O = 31—33%; H = 2,8—6,6%; N = 3,3 — 5,1%. Molecula lor este alcătuită din compuși aromatici și heterocicli cu sau fără azot, avînd 6 sau 5 atomi în inel. De aceștia sînt legate resturi de glucide (hexoze, pentoze etc.) și compuși organici cu azot (peptide, aminoacizi etc.). Conțin 3—6 grupe funcționale fenolice (—OH), 3—4 grupări carboxil (—COOH), grupări metoxil (—O—CH_3) și carbonil (=C=O). Grupările carboxil pot reacționa cu diverși cationi dînd naștere la săruri numite humați:

$$R - COOH + NaHCO_3 \longrightarrow R - COONa + H_2O + CO_2;$$

$$R - (COOH)_2 + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow R - (COO)_2Ca + 2\ CO_2 + 2\ H_2O.$$

Humații cationilor monovalenți (de Na^+, K^+, NH_4^+) sînt solubili în apă, iar cu cationii divalenți (Ca^{2+}, Mg^{2+}) sau trivalenți (Al^{3+}, Fe^{3+}) se formează humați ce precipită sub formă coloidală.

Azotul din acizii huminici este legat în catene laterale (aminoacizi, amide) sau se află sub formă de heterocicli. Cel din heterocicli reprezintă 40—50% din N total, fiind forma cea mai rezistentă la descompunerea microbiană. În acizii huminici se află 15—30% din totalul azotului din sol.

Acizii fulvici sînt alcătuiți din polimeri cu masă inferioară celor huminici (200—9 000), au culoare galbenă, cu tentă mai închisă sau mai deschisă după tipul de sol, sînt solubili în apă și în acizi minerali. Analiza elementară arată că, spre deosebire de cei huminici, acizii fulvici conțin mai puțin C organic și mai mult H, variațiile fiind între următoarele limite: C = 45—48%, O = 43—48,5% H = 5—6%, N = 1,5—3%. Sărurile lor cu Ca și Mg sînt solubile, ca și cele cu cationi monovalenți, iar complecșii formați cu hidroxizii de Fe și Al precipită la intervale foarte mici de pH, fiind prezenți în majoritatea solurilor, solubili și foarte mobili. În fracțiunea acizilor fulvici se află 20—40% din totalul azotului din sol, tăria de legătură a azotului fiind mai slabă decît a acizilor huminici. Ei se găsesc în procent mare în soluri podzolice. Aciditatea totală a acizilor fulvici este mai ridicată (900—1400 me/100 g), comparativ cu cea a acizilor huminici (500—870 me/100 g). Valorile raportului C/N total sînt mai ridicate la acizii huminici (9—14) și mai scăzute la cei fulvici (5—9). Aceasta duce la concluzia că acizii huminici se formează înaintea celor fulvici, fiind precursorii acestora din urmă (Schnitzer, 1967, Eliade, 1981 etc.).

Humina reprezintă o fracțiune stabilă a humusului din sol, insolubilă în dizolvanții folosiți la fracționarea humusului. Este alcătuită din resturi de lignină nehumificată, din polizaharide, poliuronide și glucide simple, rezultate din descompunerea celulozei, precum și dintr-o insolubilizare treptată (mii de ani) a acizilor humici existenți în sol. Prin urmare, humina este fracțiunea organică a solului cu vîrsta cea mai mare. Conține 20—30% din totalul azotului din sol și are o mare stabilitate la acțiunea microorganismelor.

Scanned with OKEN Scanner

3.2.2. COMPLECȘI ORGANO-MINERALI

Acizii humusului din sol se află într-o propoziție neînsemnată în stare liberă. Cea mai mare parte a lor formează diverși compuși organo-minerali cu cationii liberi din soluția solului (humați sau fulvați, cum s-a arătat mai sus), cu hidroxizii de Fe și Al sau cu particulele de argilă coloidală. Compușii cu hidroxizii de Fe și Al ar putea fi redați într-o formă simplificată astfel:

$$R{-}COO{-}Fe(OH)_2 \text{ și } R{-}COO{-}Al(OH)_2$$

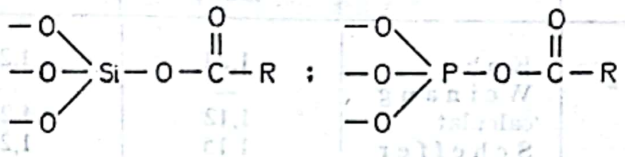
în care R este rest de acid humic.

Cu hidroxizii de fer și aluminiu se pot forma și săruri heteropolare complexe, în care hidroxizii de Fe și Al sînt incluși în molecula de acid humic. Cele mai importante sînt însă complexele argilo-humice, care includ peste 50% din substanța organică a solului, într-o formă schematică putînd fi redate astfel:

$$\text{Argilă coloidală} - M - \text{Acid humic}$$

în care M este ion polivalent (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}, Fe^{2+}) aflat în stare de adsorbție la particula coloidală.

Într-o formă similară se pot forma compuși organo-minerali între acizii humici și cei silicici sau fosforici prin punerea în comun a unui atom de oxigen:



Pe această cale humusul solului capătă o mare stabilitate la acțiunea de descompunere sub acțiunea microorganismelor. Experiențele de lungă durată (30—100 de ani), efectuate la Rothamsted (Anglia), Dehérein (Franța), Halle/Saale (RFG) etc., au arătat că în solul cultivat în fiecare an cu aceeași specie (sau cu o succesiune de specii), procentul de humus scade în primii ani pînă la un nivel de echilibru după care se menține constant.

3.2.3. MINERALIZAREA HUMUSULUI

Substanța organică a solului este o sursă esențială de elemente necesare nutriției plantelor. Cea mai mare parte din azotul și sulful solului se află în constituția humusului sau a resturilor organice nedescompuse sau pe cale de descompunere. Tot în substanța organică se află 30—40% din fosforul solului și cantități mai mici de cationi (Ca^{2+}, Mg^{2+} K^{+} etc.). Trecerea acestora în forme accesibile plantelor se face cu participarea a numeroase enzime (fenolaze, peroxidaze) secretate de bazidiomicete.

Rezultatele experimentale (Russell și colab., 1961; Welte și Timmermann, 1967 etc.) au demonstrat că anual se mineralizează biochimic 600—1 000 kg humus/ha, ceea ce reprezintă 0,4—1% din rezerva totală de humus din sol. Dacă humusul conține 5% N, înseamnă că din acest proces rezultă 30—50 kg N/ha în forme minerale, utilizabile de către plante. Cantități mai mari rezultă în cernoziomuri și mai mici în podzoluri. În solurile ocupate de prășitoare sau de ogor negru, procesul mineralizării este mai intens, rezultînd azot mineral în cantități mai mari decît cele menționate. În privința efectului pe care-l au îngrășămintele chimice asupra mineralizării humusului, rezultatele cercetărilor sînt contradictorii. Unele susțin că îngrășămintele chimice măresc viteza de descompunere a materiei organice, de aceea aplicarea îngrășămintelor organice naturale concomitent cu cele chimice este de mare importanță pentru menținerea fertilității solului la nivel ridicat. Alte

Scanned with OKEN Scanner

cercetări (Welte și Timmermann, 1976; Eliade, 1983) arată că valorile individuale privind conținutul solului în carbon și azot sînt mai mari la solul fertilizat cu îngrășăminte chimice sau organice, raportul C/N menținîndu-se aproximativ în jurul aceleiași valori (tabelele 3.1 și 3.2). Prin resturile organice acumulate

Tabelul 3.1

Efectul îngrășămintelor asupra conținutului de C și N din cernoziomul de la Fundulea

Varianta	C(%)	N(%)	C/N
Nefertilizat	1,3064	0,1362	9,58
Îngrășăminte chimice	1,4204	0,1478	9,61
Îngrășăminte organice	1,4949	0,1553	9,62

Tabelul 3.2

Modificarea conținutului de carbon organic sub acțiunea îngrășămintelor minerale și organice, în experiențe de lungă durată la Halle (sinteză, după Sauerbeck, 1980)

Anul	Autorul	% de C în sol		
		Martor	NPK	Gunoi de grajd
1878	Kohn	1,24	1,24	1,24
1912	Weinaug	—	—	1,48
1922	calculat	1,12	1,20	1,61
1929	Scheffer	1,15	1,24	1,64
1949	Schmalfuss	1,12	1,22	1,66
1953	Merker	1,12	1,26	1,68
1958	Schmalfuss	1,14	1,26	1,69
Modificări*		−0,10	+0,02	+0,45
% *Ct* extractibil		32,2	35,5	39,5
Gunoi aplicat (1878—1953)				900 t/ha
Carbon organic aplicat				90 t/ha
Carbon din gunoi reținut (1878—1953)				14,7%
Carbon din gunoi reținut (1929—1953)				4,0%

* Aprovizionarea solului cu cantități ridicate de resturi organice la parcelele fertilizate cu NPK menține C organic din sol la nivelul inițial, iar la parcela fertilizată cu gunoi de grajd acesta a crescut cu 30%. Schimbările sînt mari la început; după 50 de ani se stabilește un anumit echilibru.

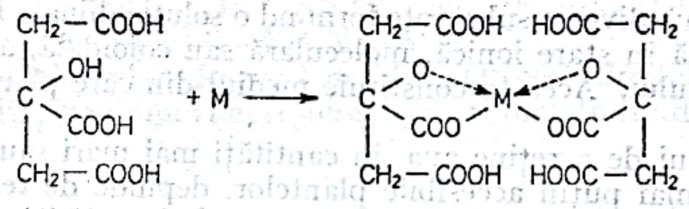
în cantități mai mari la solul fertilizat cu îngrășăminte chimice este posibilă menținerea sau chiar sporirea conținutului de materie organică din sol. Gunoiul de grajd, îngrășămintele verzi etc., constituie mijlocul cel mai important de reglare a substanței organice a solului. S-a demonstrat că anumiți compuși organici (aminoacizii alanina, glicina, valina) pot fi absorbți direct în plantă, avînd un efect pozitiv (Stanchev, 1977). Un efect similar exercită diverse enzime și vitamine. Alte substanțe pot exercita un efect nefavorabil asupra dezvoltării plantelor. Acidul benzoic, vanilina, diverși compuși fenolici etc. sînt nocivi plantelor superioare, unii provocînd fenomenul numit „oboseala solului". Prezența lor în sol este legată de condiții speciale, cum ar fi excesul de umiditate, aciditatea sau alcalinitatea ridicată (Calancea, 1972). Aplicarea de măsuri ameliorative elimină apariția compușilor toxici.

Scanned with OKEN Scanner

La descompunerea resturilor organice din sol se formează, în afară de humus, anumite substanțe individualizate, unele din acestea avînd însușirea de a forma compuși de tip chelat cu ionii metalelor. Aceasta înseamnă că agentul de chelatare posedă una sau mai multe grupări funcționale donatoare de electroni, care permit legarea ionilor metalici sub forma unor complecși cu stabilitate ridicată, solubili în apă. Formarea unor asemenea compuși complecși prezintă avantajul trecerii ionilor metalici din forme insolubile greu accesibile plantelor, în altele solubile și ușor accesibile. Substanțe cu asemenea însușiri sînt acizii organici, aminoacizii, acizii huminici și cei fulvici etc.

Acizii organici pot să provină din descompunerea materiei organice sau ca excreții radiculare. Au o existență efemeră, în soluția solului menținîndu-se un echilibru între ceea ce se produce prin sinteză și ceea ce se degradează biochimic. Cantități mai mari se întîlnesc în zona rizosferei radiculare, unde-și au sediul anumite microorganisme. Asemenea substanțe contribuie la alterarea mineralelor din sol, la asigurarea nutriției plantelor și la levigarea anumitor cationi. Plantele cultivate pe soluri calcaroase solubilizează microelementele prin excrețiile lor radiculare.

În sol s-au pus în evidență acizi organici alifatici și aromatici. Dintre acizii organici alifatici (formic, acetic, lactic, propionic, butiric etc.) puși în evidență, cei care posedă însușirea de a forma complecși stabili cu ionii metalici sînt cei di- și tricarboxilici. Ca exemplu, poate fi dat acidul citric:



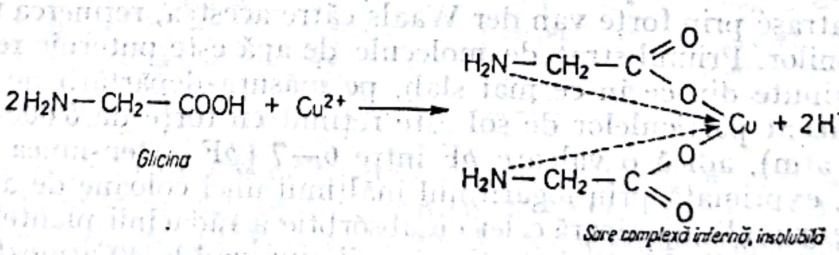
Acid citric — *Citrat* M = Fe, Mn, Zn, Cu

Condițiile aerobe favorizează sinteza acizilor organici. Se acumulează în special acid acetic și acid butiric.

Acizii aromatici (vanilic, cumaric, ferulic) se întîlnesc în soluri dar nu posedă însușirea de a forma complecși stabili cu ionii metalici.

Deplasarea ionilor metalici (Fe^{2+}, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}) în jos pe profilul de sol sub formă de chelați poartă numele de cheluviere.

Ionul de cupru se leagă de glicină pe de o parte prin gruparea carboxil, pe de altă parte prin gruparea aminică (azotul are o pereche de electroni neparticipanți).



Glicina — *Sare complexă internă, insolubilă*

β — Aminoacizii formează complecși similari dar mai puțin stabili; γ și δ — aminoacizii nu formează asemenea combinații.

c. Acizii huminici și cei fulvici pot, de asemenea, să formeze compuși chelați. Ionii metalici sînt legați pe de o parte prin forțe electrostatice la grupările — COOH ionizate, pe de altă parte ei formează legături coordinative cu grupările $—NH_2$ ale aceleiași molecule. Un rol esențial au acizii fulvici care, formînd complecși stabili cu diverse metale, în special cu cuprul, contribuie la levigarea acestora din profilul solului acid.

Scanned with OKEN Scanner

În concluzie subliniem următoarele caracteristici ale materiei organice în legătură cu nutriția plantelor:

— constituie sursă permanentă de elemente nutritive, în special de azot;

— participă la procesele de adsorbție a ionilor rezultați din îngrășămintele aplicate solului sau din diverse procese biochimice sau fizico-chimice. Deși constituie circa 5% din masa fazei solide a solului, aportul ei la capacitatea totală de schimb de cationi este de 30—40%. Capacitatea de schimb cationic a argilei variază între 8—150 me/100 g, iar aceea a humusului bine format este între 150—300 me/100 g;

— formează complecși organo-minerali cu particulele coloidale și precoloidale, îmbunătățind însușirile fizice ale solului prin legarea particulelor în agregate structurale stabile ce permit circulația apei și a aerului;

— favorizează creșterea capacității de reținere a apei. Humusul poate adsorbi, dintr-o atmosferă saturată, o cantitate de apă echivalentă cu 80—90% din greutatea sa, în timp ce argila poate să rețină doar 15—20% din propria greutate;

— prin capacitatea de a forma complecși chelatici, de a stimula creșterea plantelor, de a servi drept sursă de energie pentru microorganisme, materia organică a solului îndeplinește un rol fundamental în satisfacerea stării de fertilitate a solului.

3.3. SOLUȚIA SOLULUI. FACTORII CARE CONTROLEAZĂ ACCESIBILITATEA ELEMENTELOR

Apa din sol dizolvă diverse substanțe formînd o soluție diluată foarte complexă, în care sărurile se află în stare ionică, moleculară sau coloidală, alcătuind ceea ce se numește **soluția solului.** Aceasta constituie mediul din care plantele preiau ionii necesari nutriției lor.

Capacitatea solului de a reține apa, în cantități mai mari sau mai mici, și în forme mai mult sau mai puțin accesibile plantelor, depinde de textura și de conținutul său în materie organică. Solurile argiloase, cele bogate în materie organică, rețin mai multă apă comparativ cu cele care au textură nisipoasă sau sînt sărace în materie organică.

Conținutul solului în apă se exprimă în procente de greutate sau în procente din volum. La soluri cu conținut scăzut de materie organică exprimarea se raportează la greutate, iar la cele cu multă materie organică (soluri de seră sau solarii, cele din floricultură) este mai corectă exprimarea funcție de volum.

Apa din sol este caracterizată prin tăria de reținere a moleculelor sale la particulele de sol și prin conținutul său în diverse specii de anioni și cationi.

Sarcinile negative de la particulele coloidale de sol fac ca moleculele de apă să fie orientate și atrase prin forțe van der Waals către acestea, reținerea fiind diferită de aceea a cationilor. Primul strat de molecule de apă este puternic reținut, următoarele fiind reținute din ce în ce mai slab, pe măsura depărtării de particula de (ol. Stratul adiacent particulelor de sol este reținut cu forțe de 6 000— 7 000 bari 1s bar = 0,987 atm), adică o valoare pF între 6—7 (pF = tensiunea sau forța de sucțiune a apei, exprimată prin logaritmul înălțimii unei coloane de apă *). O asemenea forță este cu mult superioară celei de absorbție a rădăcinii plantelor, care este de cca 15 atmosfere ($pF = 4,2$), la puține specii ajungînd la 40 atmosfere. Apa din porii și capilarele solului este reținută cu forțe slabe (pF între 4,5 și 2,5), fiind ușor accesibilă plantelor. Apa peliculată, împreună cu cea de higroscopicitate, este reținută cu forțe superioare celor de absorbție ale rădăcinii plantelor (fig. 3.4). La valori pF peste 4—4,2, apa nu este accesibilă plantelor, apare ofilirea permanentă la cele mai multe specii (coeficientul de ofilire).

* De exemplu, dacă forța de reținere a apei la sol este egală cu o coloană de apă înaltă de 1 000 cm, valoarea pF a acestei presiuni va fi logaritm zecimal de 1 000, adică 3.

Scanned with OKEN Scanner

Conținutul soluției solului în diverse specii de ioni depinde în mare măsură de starea de umiditate. Solul avînd umiditate la capacitatea pentru apă în cîmp conține o soluție mai diluată în ionii NO_3^-, Cl^-, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} comparativ cu cel cu umiditate scăzută. Concentrația ionilor fosfat variază independent de conținutul umidității din sol. O imagine perfectă asupra constituenților soluției solului este greu de realizat deoarece nu se poate separa în întregime soluția solului de faza solidă. Pentru comparații se folosesc extracții ale acesteia la o umiditate echivalentă capacității pentru apă în cîmp din solul saturat cu apă (tabelul 3.3).

Activitatea microorganismelor și cultivarea plantelor mărește sau micșorează conținutul solului în diverși ioni. Un efect similar îl are folosirea îngrășămintelor.

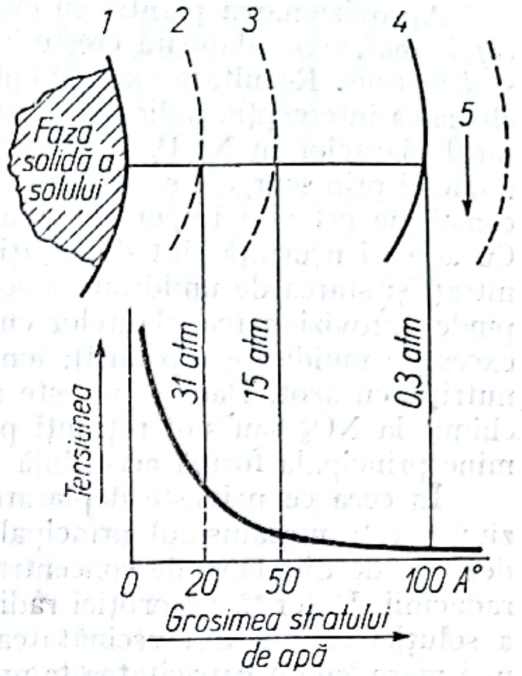


Fig. 3.4. Corelația între grosimea peliculei de apă la suprafața particulei de sol și forța de reținere a acesteia:
1 — interfața sol-apă; *2* — coeficient de higroscopicitate; *3* — coeficient de ofilire; *4* — capacitatea pentru apă în cîmp; *5* — apa gravitațională.

Mengel și colab. (1969) au găsit concentrații medii, în stratul de la suprafață saturat cu apă, ce variază între: 0,015—0,030 mM P, 0,1—1,0 mM K, 0,5—1,0 mM Mg și 1,0—10 mM Ca. Hoagland și Arnon (1950) menționează concentrația de 10—15 me $N—NO_3^-$/l (140—210 ppm $N—NO_3^-$) pentru creșterea optimă a plantelor. Excesul de $N—NO_3^-$ peste limitele menționate conduce la scăderi de recoltă, maximum de creștere la grîu și tomate fiind la 140 ppm $N—NO_3^-$.

Tabelul 3.3

Concentrația ionilor din soluția solului saturat cu apă, exprimată în mg și me la litru (după Fried și Shapiro)

Elementul	Valori extreme (mg/l)	Soluri acide		Soluri calcaroase	
		(mg/l)	(me/l)	(mg/l)	(me/l)
Ca	20,0 — 1 520	136	6,8	560	28
Mg	16,8 — 2 400	45	3,8	168	14
K	7,8 — 390	27	0,7	39	1,0
Na	9,2 — 3 450	23	1,0	667	29
$N(NO_3^-)$	9,9 — 3 410	75	12,1	806	13
$P(H_2PO_4^-)$	0,097 — 97	0,68	0,007	2,91	0,03
$S(SO_4^{2-})$	9,6 — 14 400	48	1,0	2 304	48
Cl	7,1 — 8 165	48	1,1	710	20

Pe cernoziomuri cambice cultivate cu porumb, umiditatea solului fiind la coeficientul de ofilire, valoarea optimă pentru $N—NO_3^-$ este între 140—200 ppm N (sol fertilizat cu 50 kg N/ha), la doza de 200 kg N/ha atingîndu-se 450 ppm $N—NO_3^-$ în soluția solului, ceea ce influențează nefavorabil creșterea plantelor (Lixandru și colab., 1985). De aceea, la aplicarea îngrășămintelor cu azot trebuie să se țină seama și de regimul pluviometric al anului. Concentrații ridicate de ioni fosfat în soluția solului tamponează efectele negative ale excesului de $N—NO_3^-$ peste limitele optime.

Microelementele se găsesc în concentrații foarte scăzute în soluția solurilor nepoluate (mg/l): 10^{-6} — 10^{-7} Fe; 0,1 Mn; 0,02 Co; 0,006 Cu; 0,02 Zn (după Mengel și Kirkby, 1978).

Scanned with OKEN Scanner

Aprovizionarea plantei cu elemente nutritive se face pe de o parte prin *interceptie radiculară*, datorită creşterii rădăcinilor, pe de alta, prin *scurgere* (mass-flow) şi *difuziune*. Rezultate experimentale şi simple calcule teoretice au condus la concluzia că intercepţia radiculară poate explica un procent scăzut (sub 10%) din necesarul plantelor în N, P, K şi Mg (B a r b e r , 1962), restul de 90% ajungînd la rădăcini prin scurgere şi difuziune. În soluri bine aerisite, azotul sub formă de NO_3^- constituie cel mai important ion deplasat prin scurgere spre rădăcinile plantei. Cu aceeaşi uşurinţă sînt deplasaţi şi ionii Cl^- şi SO_4^{2-}. Prin urmare, conţinutul de nitraţi şi starea de umiditate a solului sînt factorii cei mai importanţi, de care depinde aprovizionarea plantelor cu $N—NO_3^-$ în solurile bine aerisite. În solurile cu exces de umiditate (orezării), ionii NH_4^+ constituie cea mai importantă formă de nutriţie cu azot. Dacă solul este aerisit, ionii NH_4^+ sînt relativ repede oxidaţi biochimic la NO_3^- sau sînt reţinuţi prin adsorbţie la coloizii solului, încît $N—NO_3^-$ rămîne principala formă accesibilă plantelor.

În ceea ce priveşte deplasarea ionilor fosfat, NH_4^+ şi K^+ spre rădăcini, difuziunea este mecanismul principal. Viteza de difuziune a ionilor în soluţia solului depinde de diferenţa de concentraţie a ionului respectiv în zona imediat învecinată rădăcinii. Datorită adsorbţiei radiculare a ionilor, se produce permanent o sărăcire a soluţiei solului din vecinătatea rădăcinii. Extinderea acestei zone este cu atît mai mare, cu cît capacitatea tampon a solului este mai scăzută. Capacitatea tampon manifestă, prin urmare, o influenţă imensă asupra difuziunii ionilor fosfat, a NH_4^+, K^+ şi Mg^{2+} spre rădăcinile plantelor. Circa 90% din K^+ absorbit de rădăcini este asigurat prin difuziune (O l i v e r şi B a r b e r , 1966).

Principalii factori de care depinde difuziunea sînt conţinutul de apă şi concentraţia ionilor K^+ din soluţia solului. Scăderea umidităţii solului micşorează evident fluxul difuziunii, iar conţinutul ridicat de argilă exercită un rol similar, prin comparaţie cu solurile avînd un procent scăzut de argilă (G r i m m e şi colab., 1971).

În soluţia solului sînt prezenţi diverşi compuşi organici, rezultat al excreţiilor radiculare sau produse ale metabolismului microorganismelor, care îndeplinesc un anumit rol în nutriţia plantelor.

3.4. ADSORBŢIA CU SCHIMB DE CATIONI ŞI IMPORTANŢA SA AGROCHIMICĂ

Solurile posedă însuşirea de reţinere şi fixare a ionilor din soluţiile cu care vin în contact. Explicarea mecanismului fizico-chimic al acestui proces s-a făcut în urma progreselor apărute în domeniul chimiei sistemelor coloidale. Proprietatea solului de a reţine ionii sau moleculele diferitelor substanţe din soluţiile cu care vine în contact a fost numită *capacitate de adsorbţie*.

3.4.1. PROVENIENŢA SARCINILOR NEGATIVE ALE FRACŢIUNII COLOIDALE A SOLULUI

Fracţiunea implicată în procesul de reţinere a ionilor este alcătuită din particule coloidale (Ø sub 0,00025 mm) sau precoloidale (Ø cuprins între 0,00025—0,001 mm, adică sub un micron), de natură minerală, organică sau organo-minerală. Limita superioară a diametrului particulelor de argilă este 0,002 mm (adică 2 microni), ceea ce înseamnă că nu toată argila este neapărat coloidală.

Particulele coloidale de natură organică sînt reprezentate prin acizii humusului şi sărurile acestora, prin proteine, glucide şi alţi compuşi, iar cele de natură minerală aparţin mineralelor de tip montmorilonit, caolinit, mice hidratate, hidroxizi şi în măsură mai mică sînt substanţe cu structură amorfă (silice coloidală, oxizi). Particulele coloidale posedă sarcini electrice la care sînt reţinuţi prin adsorbţie,

Scanned with OKEN Scanner

anioni sau cationi. Sarcinile negative rezultă în primul rînd de la mineralele argilei care reţin cationii, iar cele pozitive provin de la hidroxizii de fer şi aluminiu, care au însuşiri amfotere şi care, în anumite condiţii, pot reţine şi anioni. Întrucît mineralele argilei alcătuiesc un procent ridicat din totalul coloizilor solului, suma sarcinilor negative predomină faţă de cele pozitive, iar adsorbţia de cationi are valori superioare celei de anioni.

La coloizii de natură minerală, sarcinile negative pot să rezulte pe două căi:

— de la ionii de oxigen situaţi la exteriorul particulelor, care se leagă numai cu o valenţă de atomii deSi sau Al, cealaltă rămînînd liberă şi putînd lega cationii. Apar astfel grupări silanol $\left(\rangle Si—OH\right)$ care au caracter acid, simiar fenolilor sau grupări $\rangle Al—OH$;

— prin substituţia izomorfă a unor ioni de siliciu din foiţele de tetraedre cu ioni de aluminiu, sau înlocuirea ionilor de aluminiu din foiţele de octaedre cu Mg^{2+} sau cu alte specii de atomi avînd rază ionică apropiată Sarcinile negative ce apar sînt compensate prin atragerea de cationi (H^+, K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+} etc.).

Posibilitatea substituţiei izomorfe a ionilor de siliciu din tetraedre prin Al^{3+} şi a celor de Al^{3+} din octaedre prin Mg^{2+} sau alte specii de ioni (Fe^{3+}, Li^+, Zn^{2+}) depinde de raza acestora, substituţia avînd loc cînd razele atomilor implicaţi în acest proces sînt de aceeaşi mărime. Din datele ce urmează, după L i n u s P a u l i n g, rezultă că raza ionului de Al^{3+} este cea mai apropiată de a ionului Si^{4+}. Restul ionilor, care au o rază mai mare, nu pot pătrunde în spaţiul dintre cei patru ioni de oxigen ce alcătuiesc tetraedrul, în mijlocul căruia se află atomul de siliciu, fără alterarea edificiului cristalin.

Ionii:	Si^{4+}	Al^{3+}	Fe^{3+}	Mg^{2+}	Zn^{2+}	Fe^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	O^{2-}
Raza (Å):	0,41	0,50	0,60	0,65	0,74	0,75	0,94	0,95	1,33	1,45

La caolinit, substituţia izomorfă este mai puţin frecventă decît la montmorilonit deoarece spaţiul dintre pachete este foarte îngust, ceea ce împiedică pătrunderea soluţiei solului în spaţiile reţelei. Din aceleaşi motive, adsorbţia şi schimbul de cationi se fac în cea mai mare parte la suprafaţa microcristalelor şi nu la interior. Capacitatea de schimb cationic este, deci, mai mică la mineralele cu reţea cristalină neexpandabilă (tipul 1: 1; caolinit, 3—15 me/100 g; haloisit 5—10 me/100 g), comparativ cu cele avînd reţea expandabilă (tipul 2: 1, adică: montmorilonit, 80—120 me/100 g; vermiculit 100—150 me/100 g; beidelit 55—65 me/100 g). Micele hidratate (illit) au o capacitate de schimb cationic intermediară (10—40 me/100 g) (după G r i m, 1953).

Coloizii de natură organică (humusul) posedă atît sarcini electrice negative cît şi pozitive. Sarcinile negative provin de la grupările carboxil (—COOH) ale acizilor humici, care le conferă caracterul acid, şi de la grupările hidroxil fenolice şi alcoolice (—OH); cele pozitive provin de la grupările amino ($—NH_2$) care le imprimă caracter bazic. Grupările acide sînt mai numeroase şi de aceea humusul are în primul rînd caracter acid.

Grupările acide din molecula acizilor humici disociază funcţie de pH. La pH sub 4,5 disociază o singură grupare carboxil din moleculă; la pH 7 disociază două grupări; la pH 9 disociază trei grupări —COOH, iar la pH peste 11 disociază mai multe grupări. În grupările fenolice, ionii H^+ din acestea pot fi schimbaţi cu alţi cationi numai la valori ale pH-ului foarte mari. Întrucît punctul izoelectric al acizilor humici este la pH 2,6—2,8, înseamnă că în cea mai mare parte a solurilor coloizii organcii manifestă însuşirea de adsorbţie a cationilor. Cu cît solul conţine mai multă argilă şi mai mult humus, cu atît capacitatea sa de schimb cationic va fi mai ridicată (fig. 3,5).

Scanned with OKEN Scanner

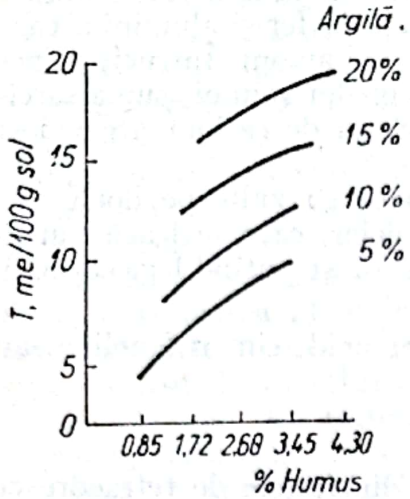


Fig. 3.5. Variația capacității de schimb cationic a solului (T) în funcție de conținutul în humus și argilă.

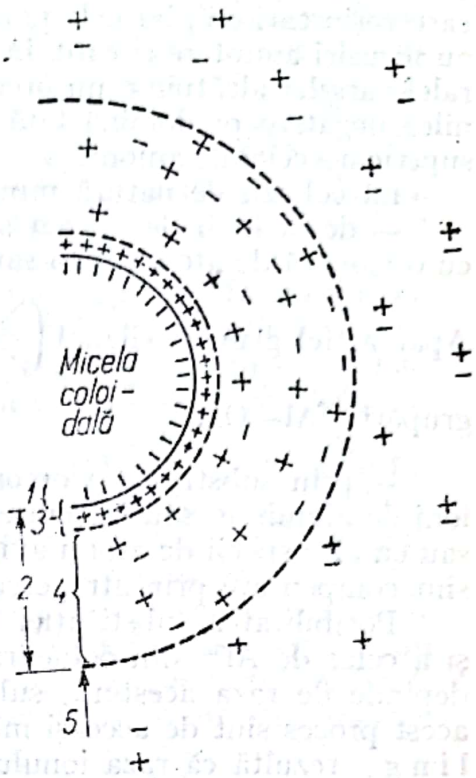


Fig. 3.6. Micela coloidală:
1 — ioni determinanți de potențial; *2* — ioni de compensație; *3* — strat de cationi mobili; *4* — strat extern, difuz; *5* — soluția liberă a solului.

Particula coloidală poate fi imaginată ca avînd un nucleu central alcătuit din acizi humici sau din particule minerale cristaline sau amorfe, care posedă numeroase sarcini negative ce atrag cationii. Ionii, care disociază la exteriorul particulei, dînd sarcini negative, se numesc *ioni determinanți de potențial*, iar cationii atrași din soluția solului se numesc *ioni de compensație*. Aceștia din urmă formează un strat intern, *imobil* (stratul Stern, 1910) și un altul extern, *difuz*, numit strat Guy-Chapman (1913).

Pe măsura depărtării de particula coloidalăr numărul cationilor scade, iar cel al anionilo crește. În vecinătatea particulei coloidale, concentrația cationilor va fi maximă, iar a anionilor va fi zero. Forța de reținere a cationilor din stratul difuz la particula coloidală scade, de asemenea, pe măsura depărtării de aceasta. În soluția liberă a solului, densitatea anionilor este aceeași cu a cationilor (fig. 3.6).

Între stratul G u y - C h a p m a n și soluția liberă a solului există un echilibru dinamic al densității cationilor și anionilor. Ori de cîte ori concentrația soluției solului scade, datorită consumării ionilor de către plante, echilibrul se reface spontan prin trecerea de ioni din stratul difuz în soluția liberă. Prin spălarea unei probe de sol cu apă distilată, cationii din stratul difuz sînt îndepărtați, astfel încît la suprafața particulei coloidale rămîn atîția cationi adsorbiți cîți sînt necesari pentru echilibrarea sarcinilor negative. Cationii reținuți în cantități echivalente sarcinilor negative constituie capacitatea totală de schimb de cationi a solului.

Forma particulei coloidale de natură minerală nu este sferică ci, de obicei, lamelară sau în plăci, în toate cazurile dimensiunea orizontală fiind mult mai mare comparativ cu cea verticală.

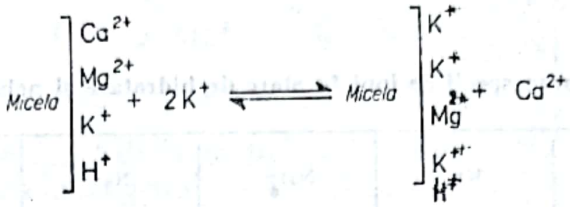
3.4.2. LEGILE SCHIMBULUI DE CATIONI

Proprietatea fracțiunii coloidale a solului de a reține cationii și de a-i schimba cu alții, din soluția cu care vin în contact, se numește **adsorbție cu schimb de cationi.** Fracțiunea de sol ce posedă această însușire a fost numită **complex adsorbtiv.**

Schimbul de cationi prezintă mare importanță în nutriția plantelor și aplicarea îngrășămintelor, desfășurarea lui avînd loc după anumite legități.

Scanned with OKEN Scanner

— **Adsorbția cationilor are caracter reversibil.** Aceasta înseamnă că un anumit cation reținut la particula coloidală în stratul difuz (vezi fig. 3.6) poate fi înlocuit de altul din altă specie de cationi aflați în soluția solului:



Schimbul de cationi are loc permanent deoarece cationii din stratul difuz sînt animați de o mișcare ondulatorie în limitele unui spațiu tridimensional, limitele acestui spațiu fiind caracteristice fiecărei specii de ioni. Dacă unul din ionii adsorbiți depășește în această mișcare limitele stratului difuz, el trece în soluția solului, în locul lui trecînd un alt cation animat de o asemenea mișcare, care-i ia locul. Datorită vitezelor mari cu care se produce mișcarea, schimbul de cationi are loc aproape instantaneu.

Reversibilitatea reacției de schimb de cationi are importanță în nutriția plantelor și aplicarea îngrășămintelor. Dacă plantele absorb din soluția solului o anumită specie de cationi, echilibrul soluției cu faza solidă se restabilește prin deplasarea spre soluția solului a unei părți de cationi din aceeași specie, existenți în stare de adsorbție. Mobilitatea schimbului dintre cationii adsorbiți și cei din soluția solului asigură nutriția continuă a plantelor. De asemenea, la introducerea îngrășămintelor în sol, după solubilizare, o parte din cationi sînt reținuți prin adsorbție la fracțiunea coloidală, ceea ce previne apariția unor fenomene de toxicitate determinate de creșterea concentrației soluției solului în acei cationi. În mod similar, concentrația soluției solului ar putea crește în condiții naturale datorită uscării solului, activității microorganismelor sau secrețiilor radiculare.

— **Schimbul de cationi se produce în cantități echivalente.** Aceasta înseamnă că în locul unui cation divalent deplasat din stratul difuz al particulei coloidale în soluția liberă a solului, trece un alt cation divalent sau doi cationi monovalenți (schimb stoichiometric).

— **Schimbul de cationi depinde de energia de reținere** a cationilor la micela coloidală. În general, toate speciile de cationi pot participa la schimbul de cationi, însă ușurința acestui schimb depinde de forța cu care este adsorbit cationul. Energia de reținere a cationilor crește o dată cu masa lor atomică și cu valența. Aceasta înseamnă că un cation trivalent este reținut la micela coloidală mai puternic decît altul divalent, iar acesta din urmă este reținut cu o forță mai mare decît cei monovalenți. Legea aceasta este valabilă în primul rînd pentru cazul soluțiilor diluate și al particulelor colidale cu densitate mare de sarcini negative.

În funcție de masa atomică a cationilor și de valența acestora, tăria de reținere la micela coloidală a diferitelor specii de ioni crește astfel:

Cationi monovalenți:	$Li^+ < Na^+ < NH_4^+ < K^+ < Rb^+ < Cs^+$					
Masa atomică:	6,9	22,9	18,0	39,1	85,5	132,9
Cationi divalenți:	$Mg^{2+} < Ca^{2+} < Sr^{2+} < Ba^{2+}$					
Masa atomică:	24,3	40,0	87,6	137,3		
Cationi trivalenți:	$Al^{3+} < Fe^{3+}$					
Masa atomică:	26,9	55,8				

Excepție de la această regulă fac ionii NH_4^+ și H^+; ionul H^+ are energie de reținere de patru ori mai mare decît a calciului și de 17 ori mai mare decît a potasiului.

— **Schimbul de cationi depinde și de gradul lor de hidratare.** Din cauza mărimii neegale a cationilor, cîmpurile electrostatice ale speciilor de ioni cu rază mică sînt

Scanned with OKEN Scanner

mai mari decît cele ale ionilor cu rază mare, ceea ce face ca ionii cu rază mai mică să atragă mai multe molecule de dipoli de apă și astfel aceștia să se hidrateze mai puternic (tabelul 3.4). Cămășile de hidratare sînt puternic reținute la suprafața

Tabelul 3.4

Raza (*r*) citorva specii de ioni în stare de hidratare și nehidratare

Cationul	*r*	K^+	NH_4^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Nehidratat	nm	0,27	0,29	0,20	0,21	0,16
Hidratat	nm	0,53	0,54	0,76	0,56	0,64

ionilor, se deplasează o dată cu aceștia în soluție, măresc dimensiunile ionilor și le micșorează mobilitatea. Cationul NH_4^+ se abate de la această regulă.

Cu cît un cation este mai puțin hidratat, cu atît va fi mai puternic reținut la coloizii solului, putînd înlocui prin schimb alți cationi mai hidratați.

Hidrogenul se abate de la regulă, deoarece protonul (H^+), neputînd exista în stare liberă, se fixează la una din perechile de electroni neparticipanți ai oxigenului din molecula de apă, formînd ionul hidroniu (H_3O^+), care are diametrul de 0,135 nm, mult mai mic decît al altor specii de ioni hidratați, din acest motiv fiind mai puternic reținut la particulele coloidale comparativ cu celelalte specii de ioni.

— **Schimbul de cationi depinde de concentrația cationilor în soluția solului,** adică de activitatea ionilor. Astfel, adosorbția Na^+ la coloizii solului salinizat crește cu creșterea concentrației ionilor Na^+ în soluție (curba 1, fig. 3.7), în timp ce adsorbția Ca^{2+}, în aceleași condiții, scade (curba 2).

Cationii puternic reținuți la coloizii solului (Ca^{2+}, Al^{3+}) pot fi desorbiți în soluție de alții mai slab reținuți (K^+, Na^+) dacă aceștia din urmă se află în concentrație ridicată în soluție.

— **Adsorbția cu schimb de cationi este supusă, cu oarecare aproximație, legii acțiunii maselor.** Potrivit acestei legi, raportul concentrației a două specii de cationi adsorbiți *(a)* la micela coloidală este proporțional cu raportul concentrației acelorași specii din soluția solului *(s)*.

Considerînd că cele două specii de cationi sînt K^+ și Na^+, se poate scrie:

$$\frac{[K^+]\,a}{[Na^+]\,a} = k\,\frac{[K^+]\,s}{[Na^+]\,s} \qquad (3.1)$$

în care:

k este o constantă a reacției, a cărei mărime depinde de speciile de cationi din reacție.

În cazul cationilor divalenți este valabilă *ecuația lui Gapon* (1933):

$$\frac{[K^+]\,a}{[\sqrt{Ca^{2+}}]a} = k\,\frac{[K^+]s}{[\sqrt{Ca^{2+}}]\,s} \qquad (3.2)$$

Din ecuațiile 3.1 și 3.2 rezultă că dacă se schimbă concentrația uneia dintre speciile de cationi din soluție, automat se modifică raportul cantitativ al acelorași specii de cationi aflate în stare de adsorbție; legea formulată de Schofield (1974), este numită *legea rapoartelor*, avînd numeroase implicații teoretice și practice în utilizarea rațională a îngrășămintelor și amendamentelor.

Scanned with OKEN Scanner

În concluzie, din cele expuse rezultă că diversele specii de cationi se succed astfel în privința tăriei de reținere la particulele coloidale:

$$H^+ > Al^{3+} > Zn^{2+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > NH_4^+ > Na^+ > Li^+$$

Cel mai ușor poate fi deplasat de la complexul adsorbtiv litiul și cel mai greu hidrogenul.

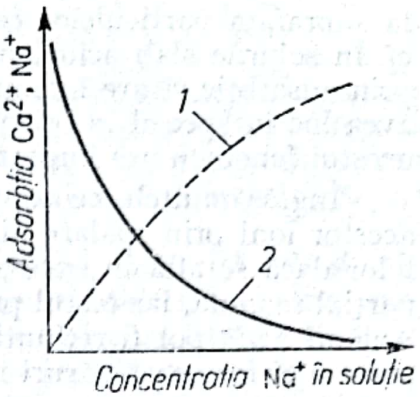


Fig. 3.7. Adsorbția și desorbția Ca^{2+} și Na^+ funcție de concentrația Na^+ în soluția solului salinizat.

Capacitatea de schimb de cationi se notează cu T, se exprimă în miliechivalenți (me), se obține determinînd fiecare cation (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, H^+, Al^{3+}) separat și apoi se face suma lor. Cationii bazici (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ și Na^+) alcătuiesc suma bazelor schimbabile (S_B), iar H^+ și Al^{3+} sînt cationii aciditații. Raportul $S_B \cdot 100/T$ constituie gradul de saturație cu baze ($V\%$). El este un indice agrochimic utilizabil la stabilirea nevoii solurilor în amendamente. Valoarea T poate varia între 8—45 me/100 g sol.

3.5. ADSORBȚIA ANIONILOR

S-a arătat că în majoritatea solurilor predomină substanțele coloidale cu sarcină electrică negativă. Aceasta ar duce la concluzia că este posibilă numai adsorbția cationilor, anionii fiind respinși. Adsorbția anionilor este totuși posibilă, cel puțin din punct de vedere teoretic, prin faptul că în sol există și substanțe coloidale cu caracter amfoter, așa cum sînt hidroxizii de fer și aluminiu, care la pH sub punctul lor izoelectric se comportă ca baze.

Capacitatea de adsorbție a anionilor crește o dată cu aciditatea solului, iar adsorbția cationilor variază în sens invers. Aceasta se explică prin faptul că în condițiile mediului acid crește capacitatea grupărilor bazice pentru acceptarea de protoni. Ionul H^+ se fixează la o grupare OH^- dînd ionul de hidroniu, care poate reține apoi anionii:

$$R - OH + HOH = R - O^+H_2OH^-.$$

În condițiile mediului acid sau foarte acid pot să apară ioni de hidroniu la hidroxizii de aluminiu: $Al - O^+H_2$. În mediu slab acid, neutru sau alcalin asemenea grupări nu apar.

La grupările bazice astfel formate pot fi reținute diverse specii de anioni conform schemei:

$$R{-}O^+H_2 + Cl^- = R{-}O^+H_2Cl^-.$$

Se poate manifesta, de asemenea, schimbul de anioni:

$$R{-}O^+H_2Cl^- + NO_3^- \longrightarrow R{-}O^+H_2NO_3^- + Cl^-$$

Anionii ortofosforici sînt adsorbiți la hidroxizii de aluminiu din solul foarte acid după schema:

$$Al(OH)_2^+ + H_2PO_4^- \longrightarrow \begin{matrix} HO \\ HO \end{matrix}\!\!>\!Al{-}PO_4H_2$$

Adsorbția anionilor este mai puțin posibilă în soluri. Ioni ca cei de fosfat, sulfat, silicat etc. pot fi reținuți în sol sub forma de compuși insolubili, prin precipitarea

la suprafața particulelor coloidale, fracțiuni greu de separat între ele. Se acceptă că în solurile slab acide, neutre sau alcaline, anionii Cl^- și NO_3^- nu sînt reținuți prin adsorbție ci are loc, mai degrabă, o respingere a acestora. Adsorbția ar putea avea loc în special în orizontul B al solurilor podzolice cu *p*H sub 4. Cunoașterea acestui fenomen are importanță practică.

Îngrășămintele ce conțin clor se aplică toamna spre a favoriza îndepărtarea acestor ioni prin spălare din orizontul arat, întrucît ionul Cl^- este dăunător plantelor dacă se află în exces, în timp ce îngrășămintele ce conțin NO_3^- se aplică parțial toamna, iar restul primăvara, spre a se evita pierderile de NO_3^- prin spălare. Anionii SO_4^{2-} pot fi reținuți prin adsorbție în soluri cu *p*H sub 6. În soluri cu *p*H peste 6 ei formează săruri insolubile.

Lucrînd cu argile caolinitice din Congo, F r i p i a t și colab. (1954) au constatat valori de 2 me/100 g pentru capacitatea de schimb anionic și 10 me/100 g pentru capacitatea de schimb cationic. La alte minerale argilice, capacitatatea de schimb anionic poate fi zero. Adsorbția anionică se referă, de fapt, numai la ionii de ortofosfat.

3.6. ADSORBȚIA FĂRĂ SCHIMB A CATIONILOR

În afară de adsorbția în forme schimbabile, cationii pot fi reținuți și în forme neschimbabile, adică sînt *fixați* în sol. Mecanismul fixării este legat de prezența mineralelor argiloase cu rețea cristalină expandabilă (muscovit, illit, vermiculit, montmorilonit), la care speciile de cationi cu rază ionică relativ mare (K^+, NH_4^+, Rb^+, Cs^+) pătrund în spațiile dintre două pachete cînd solul este umed, rămînînd aici într-un fel de captivitate, după ce solul începe să se usuce (fig. 3.8). Cu timpul, însă destul de lent, acești cationi pot trece din nou în forme schimbabile sau în soluția solului.

Cationii fixați în sol sînt greu accesibili plantelor, din această cauză efectul îngrășămintelor conținînd K^+ sau NH_4^+ este mai scăzut pe solurile cu capacitate mare de fixare. Folosirea sistematică a îngrășămintelor conținînd aceste elemente contribuie la micșorarea capacității de fixare a solului.

Cernoziomurile au capacitate de fixare mai ridicată comparativ cu podzolurile, iar pe profilul de sol acest proces crește cu adîncimea.

Se bănuiește că și materia organică ar fi implicată în acest proces de fixare temporară a K^+ și NH_4^+.

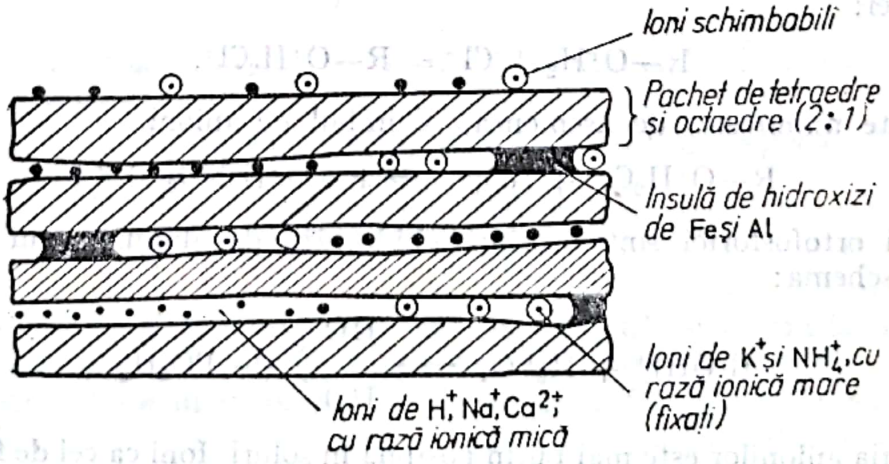


Fig. 3.8. Fixarea cationilor în sol.

Scanned with OKEN Scanner

3.7. ACTIVITATEA IONILOR

S-a arătat că ionii adsorbiți la particula coloidală pot fi schimbați cu cei situați în soluție, în afara sferei de influență a cîmpului electric negativ. În condiții de echilibru, același număr de ioni se deplasează, într-o unitate de timp, din stratul difuz către soluția intermicelară și invers, ceea ce se poate ușor demonstra experimental prin folosirea de atomi marcați.

Ionii cu rază mare se deplasează mai lent decît cei cu rază mică. Pe de altă parte, deplasarea unui ion depinde și de *atmosfera lui ionică*. Astfel, un cation se va deplasa cu atmosfera de anioni care-l înconjoară; în cazul cînd atmosfera ionică a acestuia este mare, mobilitatea ansamblului ion-atmosferă se va micșora. Micșorîndu-se mobilitatea acestuia, se micșorează și conductibilitatea electrică a soluțiilor în care se găsesc ionii (deși s-ar putea să fie vorba de un electrolit tare), ceea ce constituie o abatere de la legea acțiunii maselor.

Pentru a se explica neconcordanțele ce există între concentrațiile reale și cele aparente ale soluțiilor, s-a introdus în chimia analitică noțiunea de concentrație activă sau *activitate*, notată cu a, ale cărei interpretări au fost transferate și în chimia solului.

Activitatea ionilor s-a definit ca fiind acea fracțiune din concentrația c a unui sistem în echilibru, care determină fenomene ca: transportul electricității prin electroliți, creșterea punctului de fierbere, creșterea presiunii osmotice etc.

Concentrația activă a a unui electrolit este mai mică decît concentrația reală c a acestuia și se definește prin relația:

$$a = f \cdot c \tag{3.3}$$

în care:

f este un coeficient de activitate al electrolitului. Valoarea coeficientului f este subunitară sau cel mult egală cu unu și în acest caz $a = c$.

Valoarea coeficientului de activitate poate fi stabilită cu ajutorul *ecuației Debye-Hückel*. În scopuri practice se consideră că activitatea ionilor din sistemul sol-soluția solului este egală cu concentrația lor.

Studiul activității ionilor din soluția solului a dus la stabilirea *legii rapoartelor*, care a fost formulată de Schöfield (1974) în felul următor: raportul dintre activitățile a două specii de cationi din soluția solului s, aflate în echilibru cu faza solidă, este egal cu raportul dintre activitățile acelorași specii de ioni aflați în stare de adsorbție la particulele coloidale c. Expresia matematică a acestei legi pentru două specii de ioni (A^+ și B^+ sau A^+ și C^{2+}) este următoarea:

$$\frac{[A^+]_s}{[B^+]^s} = \frac{[A^+]_c}{[B^+]_c} \quad \text{și} \quad \frac{[A^+]_s}{[C^{2+}]_s^{0,5}} = \frac{[A^+]_c}{[C^{2+}]_c^{0,5}} \tag{3.4}$$

Legea rapoartelor permite înțelegerea modificărilor legate de mobilitatea elementelor nutritive din sol, în funcție de îngrășămintele sau amendamentele aplicate, de umiditate, concentrația soluției în diverși cationi, de alți factori care influențează procesele de adsorbție-desorbție.

3.8. POTENȚIALE CHIMICE. FACTORII INTENSITATE ȘI CAPACITATE

Potrivit principiului II al termodinamicii, potențialele chimice sînt o măsură a tendinței substanțelor de ieșire din sistem. Într-un sistem cu două faze în echilibru, potențialul chimic al unui ion oarecare este același în ambele faze ale sistemului. În sistemul sol-soluția solului, potențialul chimic al unui ion va fi același atît în soluția solului cît și în faza solidă, de aceea potențialul chimic al fazei solide poate

Scanned with OKEN Scanner

fi ușor stabilit prin cunoașterea potențialului chimic al fazei lichide, care este mai ușor de determinat.

Dacă echilibrul sistemului sol-soluția solului se strică, în mod spontan are loc o deplasare de ioni din faza solidă spre soluția solului și invers, adică de la faza cu un potențial superior spre cea avînd potențial inferior. Prin urmare, potențialul chimic (μ) al unui component din soluția solului exprimă sensul și mărimea transformărilor pe care le suferă o anumită substanță din faza solidă, intensitatea trecerii unui anumit ion din faza solidă în faza lichidă, mobilitatea acelei specii de ioni în condițiile date.

Potențialul chimic (μ) al unui ion (energia liberă a unui mol de substanță) se calculează cu relația:

$$\mu = \mu i + RT \cdot \ln ai + zFV \qquad (3.5)$$

în care:

R reprezintă constanta universală a gazelor (8,31441.10³.J.kmol.°K), sau în sistemul internațional (SI): 8,31441 J K^{-1} mol $^{-1}$;

T — temperatura de lucru în scara Kelvin: $T(K) = 273,15 + t°(C)$;

ln — logaritm neperian (baza e) = 2,203 · lg · 10;

ai — activitatea (concentrația) ionului „i" în moli/l;

μi — potențialul chimic normal al ionului (substanței) care se află ca stare de referință;

z — numărul de sarcini la particulă;

F — un Faraday (96 493 coulombi);

V — potențialul chimic (volți) din soluția solului.

În 1955 Schōfield a avut ideea caracterizării regimului fosforic al solurilor pe baza activității *fosfatului monocalcic* din solul pus în contact cu o soluție 0,01 *n* de $CaCl_2$. În aceste condiții, activitatea ionilor Ca^{2+} rămîne relativ constantă, în timp ce activitatea ionilor $H_2PO_4^-$ variază în funcție de natura constituenților cu fosfor din sol, exprimînd tendința acestor anioni de a părăsi faza solidă a solului sau ușurința de solubilizare a fosfaților existenți în sol. În mod asemănător notației *p*H, care exprimă potențialul de hidrogen, se folosește indicele „*p*" pentru a exprima logaritmul negativ al activității unui ion oarecare (în moli/l); *potențialul fosfatic* este logaritmul negativ al produsului ionic al fosfatului monocalcic extras cu soluția 0,01 *n* de $CaCl_2$:

$$Potențial\ fosfatic = -\lg(a_{Ca^{2+}} a^2 H_2PO_4^-) = 0,5 p_{Ca^{2+}} + p_{H_2PO_4^-} \qquad (3.6)$$

a reprezintă activitatea (concentrația) ionilor respectivi.

Potențialul fosfatic exprimă capacitatea de solubilizare a diverșilor compuși fosfatici din sol și intensitatea trecerii ionilor $H_2PO_4^-$ din faza solidă în cea lichidă. Cu cît este mai mare valoarea acestui termen, cu atît este mai scăzută activitatea fosfatului monocalcic din soluție, adică este mai scăzută activitatea ionilor fosfat în general. La soluri acide, o valoare peste 7 a potențialului fosfatic demonstrează o slabă aprovizionare a solului cu fosfor, iar la soluri neutre acest prag este mai ridicat (7 înseamnă aprovizionare bună).

În același fel au fost deduse formule de calcul pentru caracterizarea regimului altor specii de ioni din sol. Astfel, *potențialul de calciu* = *p*H — 0,5 *p*Ca este folosit pentru a caracteriza gradul de saturație cu baze al solurilor acide sau deficitul de saturație cu baze; *potențialul potasic* = *p*K — 0,5 *p*Ca, caracterizează energia de trecere a ionilor K^+ de la faza solidă în soluția solului. Cu cît este mai mare valoarea acestui termen, cu atît ionii K^+ sînt mai puternic reținuți de faza coloidală, trecînd în măsură mai mică în soluția solului.

În concluzie, potențialele chimice sînt o cale de interpretare teoretică a stării de echilibru dintre faza lichidă și faza solidă a solului și mai puțin un mijloc de

Scanned with OKEN Scanner

apreciere a gradului de aprovizionare momentană a solului cu diverşi ioni nutritivi. Aceasta, pentru că sînt greu de precizat sărurile sau compuşii chimici ce contribuie la un moment dat la realizarea stării de echilibru (mai bine-zis de cvasiechilibru, deoarece echilibrul se atinge în timp foarte îndelungat, fiind alterat din diverse motive în condiţii practice). Potenţialele chimice pot servi la interpretări în cazul ionilor ce se găsesc reţinuţi la faza solidă a solului, ionii NO_3^- şi Cl^-, cu o mare solubilitate şi mobilitate, neputîndu-se interpreta pe această cale.

De la considerentele menţionate mai sus privind relaţia dintre faza solidă — faza lichidă cu privire la nutriţia plantelor, au apărut concepţiile referitoare la *factorul de intensitate* şi *factorul capacitate.*

Factorul intensitate exprimă concentraţia soluţiei solului în elementele necesare nutriţiei, cînd solul conţine apă în forme accesibile plantelor, iar factorul capacitate defineşte rezerva de elemente nutritive ce se poate deplasa la un moment dat din faza solidă în soluţia solului, în timpul creşterii plantelor. Noţiunile vor să demonstreze că creşterea plantelor depinde nu numai de concentraţia soluţiei solului în elemente nutritive la un moment dat, ci şi de „capacitatea tampon" a solului de a menţine, prin schimb ionic, un nivel ridicat al elementelor nutritive din soluţia solului.

3.9. PRODUSUL DE SOLUBILITATE A SĂRURILOR GREU SOLUBILE

În sistemul sol-soluţia solului se găseşte un număr important de săruri cu solubilitate scăzută, ce constituie sursă de nutriţie pentru plante. În cazul unei asemenea substanţe (ex. hidroxilapatită) se poate considera că soluţia solului este saturată cu sarea greu solubilă, fracţiunea dizolvată fiind diluată şi complet ionizată. Între sarea nedizolvată şi ionii din soluţie se stabileşte un echilibru. Presupunînd concentraţia ionilor fosfat din soluţia solului ca fiind datorată solubilizării hidroxilapatitei, determinînd activitatea ionilor Ca^{2+}, H^+ şi a celor de fosfat se poate verifica dacă aceste activităţi corespund solubilităţii pe care o are hidroxilapatita într-o soluţie saturată. Reacţia de echilibru pentru electrolitul CA (sarea) menţionat mai sus va fi:

$$\underset{\text{solid}}{CA} \rightleftharpoons \underset{\text{ioni}}{C^+ + A^-} \qquad (3.7)$$

Întrucît în faza lichidă concentraţia ionilor C^+ şi A^- este scăzută, echilibrul va fi guvernat de legea acţiunii maselor, conform ecuaţiei:

$$k = \frac{[C^+][A^-]}{[CA]} \qquad (3.8)$$

în care:

$[C^+]$, $[A^-]$, $[CA]$ reprezintă concentraţiile ionilor C^+ şi A^- şi a substanţei CA exprimate în moli la litru, iar k este constanta de echilibru.

Atîta timp cît soluţia rămîne saturată, concentraţia (activitatea) moleculelor nesolubilizate rămîne constantă, putîndu-se considera egală cu unitatea, aşa încît ecuaţia de mai sus devine:

$$k_{sp} = [C^+][A^-] \qquad (3.9)$$

Produsul între concentraţiile ionilor unui electrolit se notează cu k_{sp} şi poartă numele de *produs de solubilitate.* Acesta are valori caracteristice pentru fiecare electrolit, fiind o mărime constantă la o anumită temperatură şi condiţii de lucru.

Dacă în soluţia saturată cu electrolitul CA se adaugă un alt electrolit (sarea CN) ce posedă un ion comun cu primul (C^-, în acest exemplu), echilibrul reacţiei (3.7) se deplasează spre stînga, o parte din electrolitul CA precipită, se restabileşte un nou echilibru, iar valoarea produsului de solubilitate va fi alta.

Scanned with OKEN Scanner

În condițiile practicii agrochimice, principiul folosirii produselor de solubilitate constă în identificarea anumitor compuși din faza solidă a solului, pe baza acestora calculîndu-se apoi concentrația anumitor ioni (ex. $H_2PO_4^-$) în soluția solului. De regulă, se întîmpină greutăți în aplicarea practică a acestui principiu din cauza greutății de identificare a sărurilor greu solubile din faza solidă a solului, a necon-cordanțelor ce există între produsul de solubilitate a substanțelor pure (ex. hidroxil-apatită, variscită, strengită etc.) și produsul de solubilitate al acelorași substanțe din sistemul heterogen și complex care este solul.

Rezultate pozitive în interpretări teoretice sau aplicative s-au obținut prin combinarea criteriului produsului de solubilitate cu cel al potențialelor chimice, de exemplu pentru a deosebi sistemul fosfatic al unor soluri de al altora (A s l y n g, 1954).

3.10. IZOTERME DE ADSORBȚIE

Adsorbția este însușirea pe care o au corpurile solide de a reține, la suprafața lor de contact cu mediul extern, molecule de gaz, de substanțe dizolvate sau de lichid. Atracția dintre solid și moleculele adsorbite se face prin forțe v a n d e r W a a l s, forțele de atracție putînd să fie suficient de slabe, așa încît învelișul electronic al moleculelor să se deformeze fără a se altera distribuția electronilor pe orbite (adsorbția fizică), sau se poate ca forțele de atracție să fie suficient de puternice încît legăturile dintre moleculele adsorbite să se schimbe în urma acestei interacțiuni (adsorbție chimică). Corpul la suprafața căruia aderă molecula se numește *adsorbent* iar substanța adsorbită — *adsorbat*. Fenomene de adsorbție fizică în sol au loc nu numai la reținerea moleculelor de apă la fracțiunea solidă de natură minerală sau organică, ci și la reținerea diverselor specii de ioni sau molecule din soluția solului.

Adsorbția la interfața solid-gaz sau solid-lichid a fost studiată de F r e u n d l i c h (1907) și L a n g m u i r (1917), care au constatat că fenomenul decurge spontan și variază funcție de temperatură (izoterme de adsorbție). În ultimele decenii, izotermele de adsorbție au fost utilizate și la studiul adsorbției elementelor nutritive din soluții apoase de sol.

Izoterma lui Freundlich. F r e u n d l i c h a stabilit, în 1926, următoarea ecuație empirică ce descrie fenomenul de adsorbție a ionilor sau moleculelor dintr-un lichid la suprafața unui solid:

$$x/m = kC^{1/n},$$

sau logaritmînd:

$$\lg(x/m) = 1/n \lg C + \lg k, \qquad (3.10)$$

în care:

x/m reprezintă cantitatea de ioni adsorbiți pe unitatea de greutate adsorbent;

x — masa substanței adsorbite;

m — masa adsorbentului;

C — concentrația de echilibru a adsorbatului (după ce a avut loc adsorbția);

k și n — constante pentru un anumit adsorbent (sol) la temperatura dată.

În mod practic se procedează astfel: soluții de concentrații crescînde dintr-un anumit ion se mențin un timp, pentru realizarea echilibrului, în contact cu o anumită cantitate de sol (adsorbent). După atingerea echilibrului se dozează concentrația ionului în soluție, adsorbția stabilindu-se prin diferență între concentrația inițială și cea finală, după atingerea echilibrului. Adsorbția se exprimă în me/100 g, me/litru sau moli/litru.

Scanned with OKEN Scanner

Reprezentînd grafic valorile $\lg (x/m)$ funcție de $\lg C$, se obține o dreaptă cu panta $1/n$, dacă datele sînt conforme cu izoterma lui Freundlich. Cînd temperatura crește, adsorbția va fi mai scăzută și în consecință raportul $1/n$ va avea valoarea mai ridicată.

Izoterma de adsorbție a lui Langmuir se bazează pe ipoteza că energia de adsorbție a moleculelor sau ionilor este relativ constantă, că adsorbția se face în strat monomolecular, că moleculele adsorbite nu se influențează reciproc și acestea prezintă o anumită stabilitate în punctul de adsorbție. Izoterma poate servi la măsurarea energiei maxime de adsorbție.

Izotermele de adsorbție au fost utilizate pentru studiul adsorbției anumitor macro- sau microelemente pe materiale sintetice sau pe probe de sol. S-a stabilit, de exemplu, că adsorbția Mo la soluri crește cu scăderea *p*H-ului de la 7,75 la 4,45 (Reisenauer și colab., 1942).

Adsorbția cuprului pe argile urmărește, de asemenea, izoterma de adsorbție Freundlich.

În cazul fosforului, folosindu-se izotermele de adsorbție s-au stabilit, într-o anumită măsură, mecanismele de adsorbție și fixare a acestuia.

Izotermele de adsorbție au o semnificație teoretică în studiul elementelor din sol.

3.11. REACȚIA SOLULUI

Reacția solului este însușirea acestuia de a disocia ioni de hidrogen sau hidroxil cînd vine în contact cu apa. Cunoașterea acestei însușiri este de mare importanță în legătură cu dezvoltarea plantelor, evaluarea potențialului productiv al solului și stabilirea măsurilor agrochimice de corectare a reacției. Pentru exprimarea aciditații sau bazicității se folosește noțiunea *p*H.

Noțiunea de *pH* a fost introdusă în știință de suedezul Sørensen, în 1909, pentru a desemna activitatea ionilor H^+ din soluții acide foarte diluate. Se numește *p*H sau exponent al ionilor de hidrogen, logaritmul zecimal cu semn schimbat al activității ionilor de hidrogen dintr-o soluție:

$$pH = -\lg aH^+,$$

unde a reprezintă activitatea (concentrația) ionilor de hidrogen.

Apa pură, lipsită de CO_2, conține, în stare disociată, un număr egal de ioni H^+ și OH^-, din această cauză are reacție neutră. La temperatura de 24°C, concentrația activă a ionilor H^+ este $1 \cdot 10^{-7}$ ioni-gram la litru și tot aceeași este și concentrația ionilor OH^-. În aceste condiții, *p*H-ul apei este 7. O soluție la care activitatea ionilor H^+ este 0,001 *M*/l (adică $1 \cdot 10^{-3}$) va avea *p*H 3, iar la alta cu activitatea de 0,00001 *M*/l *p*H-ul va fi 5.

Exponentul activității ionilor de hidrogen (*p*H-ul) poate căpăta valori între 0 și 14. Cînd valorile *p*H sînt sub 7 soluția are reacție acidă, iar cînd valorile sînt peste 7, reacția este alcalină (tabelul 3.5).

Tabelul 3.5

Limite de apreciere a reacției solurilor (*p*H în extract apos)

Reacția	Limite *p*H	Reacția	Limite *p*H
Foarte puternic acidă	<4,30	Neutră	6,81—7,20
Puternic acidă	4,31—5,00	Slab alcalină	7,21—8,40
Slab acidă	5,01—5,80	Moderat alcalină	8,41—9,00
Moderat acidă	5,81—6,80	Puternic alcalină	>9,01

Scanned with OKEN Scanner

Proveniența ionilor de hidrogen și hidroxil în soluri. Aciditatea solurilor rezultă în urma procesului de podzolire. Sărurile solubile sînt, în mare parte, îndepărtate din orizonturile de la suprafață de apa precipitațiilor ce se infiltrează în adîncime. În locul cationilor de Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+} îndepărtați de la fracțiunea coloidală trec ionii acidității (H^{+}, Al^{3+}). Cu cît debazificarea este mai avansată, solul devine mai acid.

Alcalinizarea se manifestă la soluri care conțin complex adsorbtiv cu grad avansat de saturație cu baze, în care sînt prezente săruri solubile sub formă de carbonați de Ca, Mg, Na, K care, hidrolizînd alcalin, măresc concentrația soluției solului în ioni de hidroxil. Cînd este prezent carbonatul de sodiu, *p*H-ul poate atinge valori peste 10.

Potrivit ultimelor concepții, sarcinile negative ale particulelor coloidale din sol, compensate de cationii bazici (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}) sau de cationii acidității (H^{+}, Al^{3+}), sînt de două feluri: *sarcini permanente* și *sarcini dependente* de *p*H.

Sarcinile negative permanente provin în primul rînd din substituțiile izomorfe ce au loc în mineralele argiloase, apoi de la atomii de oxigen situați la exteriorul particulelor minerale și, în fine, de la grupările funcționale —COOH ale substanțelor cu valoare mare a constantei de disociere. Aceste sarcini se păstrează nemodificate, indiferent de condițiile de *p*H ale soluției cu care solul vine în contact.

Sarcinile dependente de *p*H provin din disocierea grupărilor —COOH și —OH (fenil) de la substanțele humice cu constantă mică de disociere (disociază doar la *p*H ridicat), apoi din disocierea ionilor H^{+} de la grupările structurale —OH $\left(>Si-OH, >Al-OH\right)$ situate pe fețele externe și pe muchiile particulelor argiloase, care disociază din ce în ce mai mult începînd de la *p*H 5,6 pînă la *p*H 11 și, în fine, de la alte substanțe, unele cu caracter amfoter (complecși humico-feri-aluminici) care la *p*H superior punctului lor izoelectric pun în libertate ioni de hidrogen.

În solul foarte acid, cu minerale de tip 2:1 (vermiculit), sarcinile negative ale particulelor coloidale sînt parțial blocate prin reținerea ionilor proveniți de la hidrox de fer și aluminiu [$Al(OH)_2^{+}$; $Al(OH)^{2+}$], care micșorează capacitatea totală de schimb cationic; cînd *p*H-ul crește, hidroxizii de fer și aluminiu precipită sub formă de $Fe(OH)_3$ și $Al(OH)_3$, sarcinile negative ale solului sînt eliberate și capacitatea totală de schimb de cationi crește.

În *solul foarte acid*, aluminiul apare în soluție sub formă de cation liber (Al^{3+}) sau de cationi ai hidroxidului de aluminiu. Adsorbția aluminiului la particulele coloidale ale solului este preferențială față de ionii de hidrogen, între ionii Al^{3+} adsorbiți și cei din soluția solului existînd o stare de echilibru. Tendința de hidroliză a aluminiului explică activitatea ridicată a ionilor H^{+} din aceste soluri, care micșorează *p*H-ul conform schemei:

$$\text{Micela]}Al^{3+} \rightleftharpoons Al^{3+}$$

Al adsorbit $\quad$ Al^{3+} în soluție

$$Al_3^{+} + H_2O \longrightarrow Al(OH)^{2+} + H^{+}$$

În asemenea soluri, ionii de hidrogen sînt reținuți puternic la particulele coloidale prin legături covalente, încît pot disocia în soluția solului numai grupările puternic acide de la humus sau de la particulele minerale, care constituie sarcina permanentă. Acești ioni H^{+}, împreună cu cei rezultați în urma hidrolizei Al^{3+}, imprimă caracter foarte acid solului.

În *solul moderat* sau *slab acid* disociază ioni de hidrogen pe de o parte de la sarcina permanentă a particulelor coloidale, pe de alta de la grupările funcționale ale substanței organice sau minerale la care forța de reținere a ionilor H^{+} prin legă-

Scanned with OKEN Scanner

turi covalente a scăzut datorită creşterii *p*H-ului. Prin schimb de cationi, ionii H^+ pot trece în soluţia solului:

$$\text{Micela}\begin{bmatrix}H^+\\H^+\end{bmatrix} + Ca^{2+} \longrightarrow \text{Micela}\Big]\,Ca^{2+} + 2\,H^+$$

În asemenea condiţii scade ponderea ionilor Al^{3+}, aceştia fiind convertiţi în ioni mono- sau dipozitivi ai hidroxidului de aluminiu, a căror proporţie creşte cu creşterea *p*H-ului, conform schemei:

$$Al^{3+} + OH^- \longrightarrow Al(OH)^{2+} \longrightarrow$$
$$Al(OH)^{2+} + OH^- \longrightarrow Al(OH)_2^+ \longrightarrow$$

Se formează, probabil, şi alte specii de ioni ai hidroxidului de aluminiu, mult mai complexe, cum ar fi $[Al_6(OH)_{12}]^{6+}$ sau $[Al_{10}(OH)_{22}]^{8+}$.

Ionii mono-, di- sau multipozitivi ai hidroxidului de aluminiu sînt adsorbiţi la coloizii solului ca orice cation, iar cînd sînt în soluţia solului, prin hidroliză, pun în libertate ioni de hidrogen:

$$Al(OH)^{2+} + H_2O \longrightarrow Al(OH)_2^+ + H^+;$$
$$Al(OH)_2^+ + H_2O \longrightarrow Al(OH)_3 + H^+.$$

Aplicarea îngrăşămintelor cu reacţie potenţial acidă (sulfat de amoniu, azotat de amoniu) contribuie la desorbţia ionilor Al^{3+} sau de hidroxid de aluminiu, accentuînd aciditatea şi înrăutăţind nutriţia şi creşterea plantelor.

Ionii hidroxidului de aluminiu pot pătrunde între pachetele de aluminosilicaţi ale particulelor cu reţea expandabilă unde sînt puternic reţinuţi, împiedicînd astfel schimbul de cationi în interiorul particulei (vezi fig. 3.8).
În condiţiile creşterii *p*H-ului, hidroxizii de aluminiu precipită aşa încît sarcinile negative rămîn libere, din acest motiv sarcina negativă totală a solului creşte.

În *solurile neutre* sau *alcaline*, sarcina permanentă este compensată de cationii bazici (Ca^{2+}, Mg^{2+} etc.), hidroxizii de aluminiu precipită sub formă de gipsită, $Al(OH)_3$, iar sarcina dependentă de *p*H este compensată parţial sau în cea mai mare parte de cationii bazici.

În figura 3.9 se prezintă schematic legătura dintre *p*H-ul solului şi diverse categorii de cationi adsorbiţi.

Formele de aciditate din sol. În funcţie de poziţia ionilor de hidrogen, în sol s-au deosebit două forme de aciditate: *aciditate actuală, activă* sau *desorbită*, determinată de ionii de hidrogen prezenţi în soluţia solului (factor de intensitate) şi *aciditate potenţială, adsorbită* sau *de rezervă*, determinată de ionii H^+ şi Al^{3+} (sau ioni de hidroxid de aluminiu) aflaţi în stare adsorbită la particulele coloidale de sol

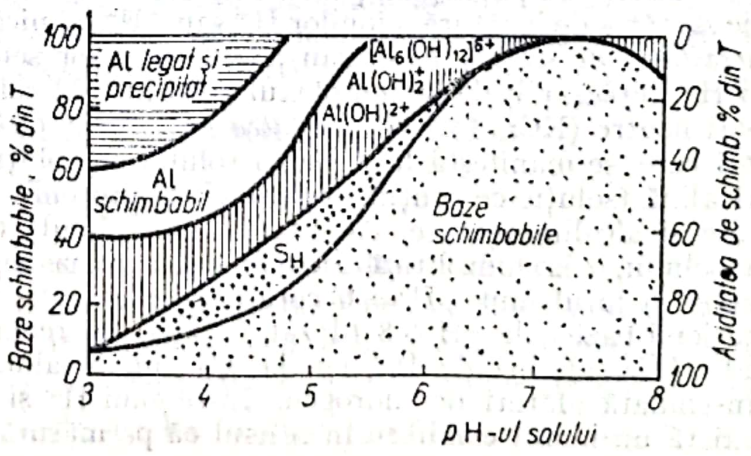


Fig. 3.9. Distribuţia procentuală aproximativă a gradului de saturare în baze şi a acidităţii de schimb funcţie de *p*H-ul solului.

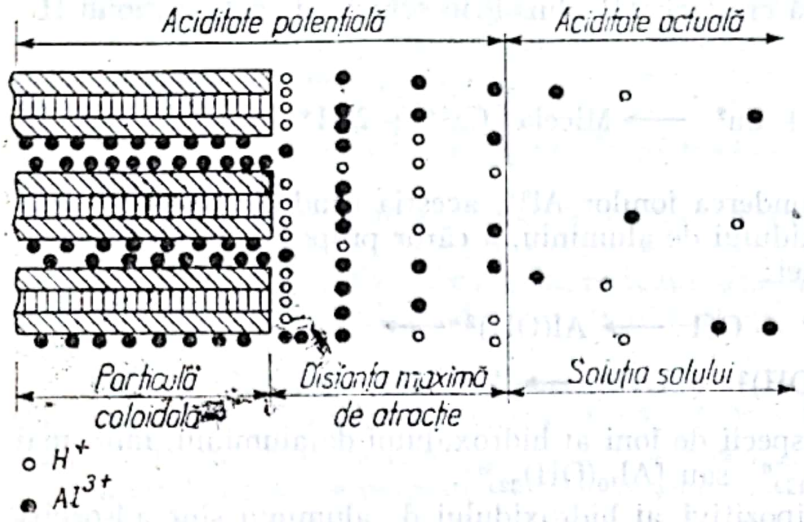


Fig. 3.10. Privire schematică asupra acidității actuale și acidității potențiale (coloizi cu rețea 2: 1).

(factor de capacitate). Aciditatea actuală împreună cu cea potențială constituie *aciditatea totală a solului* (fig. 3.10).

Aciditatea actuală reprezintă ceea ce se înțelege de obicei prin „reacția solului", se exprimă în unități de *p*H și se determină în extracte apoase de sol sau în extracte saline, prin metode colorimetrice sau prin metode potențiometrice. Ionii de hidrogen provin de la fracțiunea coloidală și de la diverși acizi ce se întîlnesc în soluția solului (acid carbonic, acizi organici solubili în apă, săruri care hidrolizează acid). În timpul anului, *p*H-ul solului suferă ușoare fluctuații, scăzînd în sezonul cald, datorită acizilor produși de microorganisme și de rădăcinile plantelor și crescînd în anotimpurile reci.

Aciditatea actuală influențează direct dezvoltarea plantelor și a microorganismelor din sol, însă nu poate constitui un criteriu de stabilire a dozelor de amendamente calcaroase deoarece, după neutralizarea acesteia, în soluția solului apar alți ioni de hidrogen din rezerva adsorbită la particulele coloidale. Între aciditatea actuală și cea potențială se stabilește în mod natural un echilibru.

Măsurătorile de *p*H la probe de sol pot fi influențate de raportul sol: apă, de prezența CO_2 în apa distilată și de așa-numitul „efect de suspensie". Pentru a se obține date comparabile, Asociația Internațională de Știința Solului a recomandat, în 1926, să se folosească raportul sol/apă = 1: 2,5, măsurătorile potențiometrice să se facă în suspensii apoase (sau saline), nu în filtrate, iar apa distilată să fie lipsită de CO_2. Valorile de *p*H obținute în suspensii saline (cu soluție de KCl 0,1 *n*) sînt mai mici decît cele obținute în suspensii apoase, cam cu o unitate de *p*H în cazul solurilor acide, și cu diferențe mult mai mici, sau fără diferențe, în cazul celor neutre sau alcaline.

Aciditatea potențială poate fi divizată, la rîndul său, în două categorii în funcție de tăria de legătură a ionilor H^+ sau Al^{3+} la micela coloidală (K a p p e n, 1920): *aciditatea de schimb (As)* sau aciditatea ușor schimbabilă, produsă de ionii Al^{3+} și H^+ deplasabili de la complexul adsorbtiv al solului prin tratare cu soluția unei sări neutre (KCl, 1 *n*) și *aciditatea hidrolitică (Ah)* sau aciditatea dependentă de *p*H care se manifestă la tratarea solului cu soluția unei sări ce suferă o hidroliză alcalină (soluție ce conține acceptori de protoni), cum sînt acetații metalelor alcaline și alcalino-teroase. Aciditatea de schimb corespunde sarcinii permanente a solului, cea hidrolitică incluzînd și sarcina dependentă de *p*H. În general, reacția în jurul unui *p*H = 6 corespunde saturării sarcinii permanente a solului cu cationii bazici, la *p*H 5,8 (dozat în apă) se remarcă apariția Al^{3+} în complexul adsorbtiv alături de H^+, iar la *p*H sub 5, aluminiul este prezent în proporție însemnată alături de hidrogen. Între ionii H^+ și cei de Al^{3+}, forme schimbabile, există un numit echilibru în sensul că pe măsură ce ionii H^+ se fixează la com-

Scanned with OKEN Scanner

plexul adsorbtiv, în aceeași măsură apar și ionii Al^{3+} în soluția solului. Dacă la un asemenea sol sînt aplicate amendamente, mai întîi sînt neutralizați ionii H^+ și apoi Al^{3+}.

Semnificație practică prezintă numai aciditatea de schimb, care corespunde sarcinii permanente, deoarece ionii H^+ și Al^{3+} pot fi trecuți ușor în soluția solului la aplicarea îngrășămintelor cu reacție potențial acidă.

Aciditatea dependentă de *p*H nu dăunează plantelor cultivate și de aceea nu se consideră la stabilirea dozelor de amendamente. Pe de altă parte, cele mai favorabile condiții de nutriție a plantelor sînt în jurul unui *p*H 6—6,5, ceea ce se urmărește a se realiza prin aplicarea de amendamente. În practică se consideră totuși aciditatea hidrolitică la stabilirea dozelor de amendamente deoarece reacțiile de solubilizare și neutralizare sînt lente, așa încît doza de amendament poate fi ceva mai ridicată.

3.12. PUTEREA DE TAMPONARE A SOLULUI ȘI SEMNIFICAȚIA SA AGROCHIMICĂ

Reacția solului nu se află în echilibru stabil. Procesele biologice, chimice și fizico-chimice din sol dau naștere la o serie de acizi și baze care tind să modifice conținutul în ioni și să deplaseze reacția solului. Asemenea substanțe pot fi CO_2 produs de respirația radiculară și de activitatea microorganismelor, HNO_3 rezultat din nitrificare, diverși acizi organici și secreții radiculare. Totodată, îngrășămintele chimice pot modifica esențial reacția solului dacă sînt aplicate nerațional.

Schimbările de reacție (adică de *p*H) din sol au loc în măsură mai mică decît cele așteptate, rezultate din calcule stoichiometrice, deoarece în sol funcționează diverse sisteme chimice ce frînează variațiile mari de *p*H. Această însușire a solului de a se opune tendinței de modificare a reacției sale chimice (*p*H) se numește *putere de tamponare*.

În sol funcționează două sisteme tampon importante: sistemul format din tr-un acid slab și sărurile lui cu o bază tare, și complexul adsorbtiv al solului.

Primul sistem este reprezentat de diverse „amestecuri tampon", în care acizii slabi pot fi acidul carbonic, acizii humici, acizii organici, acizii silicici, iar sărurile lor cu baze tari sînt diverși carbonați, bicarbonați, humați, silicați etc. Modul cum funcționează un asemenea amestec tampon poate fi exemplificat prin acidul carbonic, care este un acid slab și slab disociabil, cea mai mare parte din moleculele lui aflîndu-se în stare nedisociată, și sarea lui cu o bază tare, de exemplu $Ca(HCO_3)_2$, care este puternic disociabilă. Dacă în sol se aplică un îngrășămînt cu reacție potențial bazică, de exemplu $Ca(NO_3)_2$, ionii NO_3^- sînt consumați de plante sau microorganisme, în sol rămînînd $Ca(OH)_2$ care, fiind bază puternic disociabilă, tinde să deplaseze reacția solului spre domeniul alcalin. Fenomenul se întîmplă în măsură neînsemnată deoarece intervine primul component al amestecului tampon, care neutralizează acțiunea $Ca(OH)_2$:

$$Ca^{2+} + 2\ OH^- + 2\,H_2CO_3 = Ca(HCO_3)_2 + 2\ H_2O$$

$$Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

Al doilea sistem tampon — complexul coloidal al solului — este cel mai important, mecanismul lui de acțiune putînd fi explicat dacă ne imaginăm micela coloidală ca un radical acid sau bazic. Presupunînd micela coloidală ca avînd în stare de adsorbție ionii H^+ și Al^{3+}, în cazul îndepărtării parțiale a ionilor H^+ din soluția solului prin aplicarea amendamentelor, are loc în mod spontan o înlocuire a aces-

Scanned with OKEN Scanner

tora prin trecerea hidrogenului din starea de adsorbție în soluția solului. În acest fel se produc modificări nesemnificative de *p*H:

$$\text{micela}]\ H^+,\ Al^{3+} \rightleftharpoons H^+,\ Al^{3+} + \text{micela}]^-$$

aciditate potențială — aciditate actuală

Fenomenul se produce în mod similar cînd în sol se introduc îngrășăminte cu reacție potențial acidă. În acest caz trec în soluție cationii bazici (Ca^{2+}, Mg^{2+} etc.), care neutralizează cel puțin parțial anionul din îngrășămînt, împiedicînd variațiile mari de *p*H.

Puterea de tamponare a unui sol este cu atît mai ridicată cu cît capacitatea sa de schimb de cationi și gradul său de saturație cu baze au valori mai ridicate. Solurile argiloase au capacitate de schimb cationic mai mare comparativ cu cele nisipoase și, ca atare, au putere de tamponare mai ridicată.

Solurile foarte acide au putere de tamponare într-un singur sens, adică pot frîna schimbarea reacției spre alcalinizare; în celălalt sens, adică spre acidifiere, capacitatea lor de tamponare este mică din cauza gradului scăzut de saturație cu baze. De aceea există pericolul ca la aplicarea sistematică a îngrășămintelor cu reacție potențial acidă să se producă o deplasare semnificativă a reacției solului în sensul acidifierii, cu efecte nefavorabile dezvoltării plantelor cultivate.

Pe solurile cu textură nisipoasă se recomandă doze de îngrășăminte chimice aplicabile în mai multe reprize, din cauza puterii lor scăzute de tamponare.

Folosirea amendamentelor calcaroase și a îngrășămintelor organice naturale pe soluri acide mărește gradul lor de saturație în baze, concomitent cu aceasta crescînd și puterea lor de tamponare. Pe această cale se evită eventualele efecte nefavorabile pe care le-ar putea avea îngrășămintele chimice cu reacție potențial acidă.

3.13. FENOMENE DE OXIDOREDUCERE ÎN SOL

Solul este sediul unor permanente procese de oxidare și de reducere. După cum se știe, oxidarea poate fi definită ca o cedare de electroni (crește sarcina pozitivă), iar reducerea ca o acceptare de electroni (scade sarcina pozitivă). Oxidarea are loc cu eliberare de energie, iar reducerea se manifestă cu consum de energie.

Fenomenele de oxidare și reducere nu pot exista independent. Întotdeauna unul din reactanți se oxidează, adică cedează electroni, și se numește *agent reducător*, iar celălalt reactant se reduce, adică acceptă electroni și se numește *agent oxidant*. Asemenea reacții sînt cunoscute sub numele de *reacții de oxido-reducere*.

Ca exemplu de asemenea reacție poate fi dată oxidarea magneziului:

$$(2Mg - 4\ e^-) + (O_2 + 4\ e^-) \longrightarrow 2Mg^{2+}O^{2-}.$$

Magneziul se oxidează cu cedare de electroni, iar oxigenul se reduce cu acceptare de electroni.

Fenomenele de oxidoreducere din sol se datoresc în principal activității microorganismelor care, folosind ca sursă de energie resturile de plante și animale pe care le descompun, realizează procesul de oxidare prin transfer de electroni de la substanța organică ce îndeplinește rolul de agent reducător, către alte substanțe acceptoare de electroni ce îndeplinesc rolul de agent oxidant. Dacă solul este bine aerisit, electronii rezultați din oxidarea substanței organice sînt transferați la atomii de oxigen din aerul solului printr-un mecanism care implică acțiunea unor sisteme enzimatice produse de microorganisme, iar în cazul cînd în sol lipsește oxigenul datorită faptului că există un exces de apă (sau din alte cauze), transferul de electroni din materia organică se face către compușii anorganici ce conțin

Scanned with OKEN Scanner

elemente cu valență variabilă. După cum se știe, ferul, manganul, azotul, sulful, fosforul pot exista în două sau mai multe stări de valență prin transfer sau acceptare de electroni:

$$Fe^{3+} + 1\,e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$$

$$Mn^{4+} + 2\,e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}$$

$$2\,NO_3^- + 4\,e^- \rightleftharpoons 2\,NO_2^- + O_2$$

Cei doi componenți ai fiecăreia din reacțiile de mai sus constituie un sistem de oxidoreducere sau *sistem redox.*

În mod analog cu potențialul electric, *potențialul redox* se definește ca fiind schimbul de electroni dintre cele două componente ale sistemului redox. Acest potențial poate fi măsurat pe cale potențiometrică și exprimat în volți. Cu cît procesele de oxidare sînt mai intense, cu atît diferența de potențial este mai mare. Diferența de potențial (potențialul redox) poate fi exprimată matematic cu ajutorul *ecuației lui Nernst*:

$$E = Eo + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[Oxid]}{[Red]}, \qquad (3.11)$$

în care:

E reprezintă potențialul redox al sistemului, în volți;
Eo — potențialul normal, constant, de oxidare al cuplului de ioni care caracterizează sistemul, (volți);
R — constanta universală a gazelor ($8{,}31441 \cdot 10^3 \cdot$ J/K mol °K);
T — temperatura absolută a mediului în care se află sistemul redox, scara Kelvin T (K) = $273{,}15 \pm t°$(C);
n — numărul de electroni antrenați în reacția de oxidoreducere;
F — cantitatea de electricitate, în coulombi, necesară la oxidarea sau reducerea unui echivalent gram de substanță. Un Farad (96 496 coulombi) reduce sau oxidează un echivalent gram element sau substanță;
ln — logaritmul natural în bază e = 2,718;
[*Oxid*]— concentrația activă a componentului oxidat în sistemul redox, moli/litru;
[*Red*] — concentrația activă a reducătorului, moli/litru.

Trecînd de la logaritmii naturali la cei zecimali, expresia devine:

$$Eh = Eo + \frac{0{,}058}{n} \lg \frac{[Oxid]}{[Red]} \qquad (3.12)$$

În reacțiile de oxidoreducere participă și ioni de hidrogen, alături de componentele sistemului redox, de aceea se poate considera că mărimea potențialului redox este influențată și de *p*H-ul mediului respectiv. Din această cauză C l a r k a propus caracterizarea condițiilor de oxidoreducere cu ajutorul indicelui *r*H, analog noțiunii *p*H, care este logaritmul negativ al presiunii fictive a hidrogenului molecular din sol și de la suprafața unui electrod indicator indiferent. La temperatura camerei de lucru (24°), indicele *r*H rezultă din relația:

$$rH = \frac{Ero + 0{,}058\ pH}{0{,}029}, \qquad (3.13)$$

în care:

Ero este potențialul redox al mediului sau potențialul electrodului indicator, iar *p*H-ul se determină în extract apos.

Valoarea potențialului redox variază mult de la un tip de sol la altul, iar în cadrul aceluiași tip variațiile depind de factorii care influențează activitatea

Scanned with OKEN Scanner

microorganismelor (umiditate, aerație, temperatură, conținutul solului în materie organică, reacția solului) și de îngrășămintele chimice aplicate. Limitele de variație sînt între 0 și 750 milivolți. În cursul unui an valorile potențialului redox oscilează paralel cu intensitatea proceselor biologice.

În general, în aceleași condiții de umiditate, temperatură etc., potențialul redox al solurilor acide este mai mare decît al celor neutre sau slab alcaline datorită faptului că la reacțiile redox participă și ionii de hidrogen. Condiții favorabile dezvoltării plantelor se întîlnesc în sol cînd potențialul redox este între 300—650 milivolți. Dacă potențialul redox scade sub 300 milivolți este un indiciu că în sol se petrec procese intense de reducere cu formare de compuși toxici pentru plantele cultivate și microorganismele aerobe. Ferul și manganul divalente apar în concentrații mari, dăunătoare plantelor. În aceste condiții azotul nitric este redus la nitriți, mai departe aceștia fiind transformați în oxizi și azot molecular. Cînd potențialul redox depășește 650 milivolți, în sol sînt condiții total aerobe, dovedind un proces de mineralizare excesivă a materiei organice.

Indicele rH poate avea valori între 0 și 41. Condiții normale creșterii plantelor cultivate sînt cînd acest indice are valori cuprinse între 21 și 38 ($Eh = 200$—700 milivolți), se instalează anaerobioză la valori de rH sub 20, aerație excesivă întîlnindu-se la valori peste 38. Atît condițiile anaerobe cît și cele excesiv aerobe au consecințe nefavorabile asupra menținerii echilibrului elementelor nutritive în sol, favorabil creșterii și dezvoltării plantelor cultivate.

Teste recapitulative

3.1. Caracterizați, sub aspect agrochimic, fracțiunea minerală, fracțiunea organică și soluția solului. Precizați factorii care influențează starea de fertilitate a solului.
3.2. Definiți adsorbția cu schimb de cationi, adsorbția cu schimb de anioni și importanța lor agrochimică.
3.3. Ce se înțelege prin reacția solului și care este importanța sa în nutriția plantelor și aplicarea îngrășămintelor? Arătați care este semnificația agrochimică a puterii de tamponare și a proceselor de oxidoreducere din sol.

4. CORECTAREA REACȚIEI SOLURILOR PRIN AMENDAMENTE

Reacția prea acidă sau prea alcalină conferă solurilor însușiri fizico-chimice nefavorabile creșterii plantelor cultivate. Corectarea reacției solurilor se face prin aplicarea de amendamente. Materialele și măsurile utilizabile în acest scop depind de felul reacției solului.

4.1. CORECTAREA REACȚIEI ACIDE A SOLURILOR

Solurile acide cu folosință agricolă din țara noastră ocupă circa 2,0 milioane hectare, reprezentînd 20% din totalul agricol și 18% din arabil (V i n t i l ă și colab., 1984). Factorii care influențează negativ creșterea plantelor sînt: concentrații ridicate de ioni H^+ și Al^{3+}, un conținut ridicat în ioni Fe^{2+} și Mn^{2+}, conținutul scăzut în principalele elemente de nutriție, activitatea nesatisfăcătoare a anumitor specii de microorganisme, băltirea apei rezultată din precipitații din cauza infiltrației anevoioase.

Lucrarea agrochimică de corectare a acidității solurilor prin calcarizare urmărește totodată și sporirea conținutului de calciu, iar în unele cazuri și a celui de magneziu, la nivelurile necesare creșterii și dezvoltării normale a culturilor.

Scanned with OKEN Scanner

Aciditatea vătămătoare, îndeosebi cea generată de ionii de aluminiu Al^{3+} şi $Al(OH)^{2+}$ adsorbiţi cu schimb pe coloizii solului, limitează drastic dezvoltarea şi fructificarea majorităţii plantelor de cultură. Formele mobile de mangan în cantităţi ridicate devin toxice pentru plantele cultivate. Solurile acide sînt puţin active biologic, iar mobilizarea substanţelor nutritive pentru plante este foarte scăzută. Îngrăşămintele cu azot şi potasiu accentuează efectul dăunător al acidităţii solurilor asupra plantelor, iar îngrăşămintele cu fosfor solubil sînt trecute, în aceste condiţii de *p*H, în forme inaccesibile culturilor. Solurile acide sînt slab structurate, fiind mai expuse tasării decît solurile neutre, iar în stare uscată crapă şi se aglomerează în bolovani. Datorită acestor însuşiri nefavorabile solurile acide au capacitate scăzută de producţie.

Neutralizarea acidităţii vătămătoare şi completarea rezervei de calciu (şi magneziu) prin calcarizare este o măsură de bază pentru creşterea capacităţii de producţie a solurilor acide. Fără corectarea însuşirilor nefavorabile, eficienţa celorlalte verigi ale tehnologiilor de cultivare a plantelor este scăzută.

Cerinţele plantelor faţă de reacţia solului. Plantele cultivate au anumite preferinţe faţă de reacţia solului. Unele specii cresc bine pe soluri acide, altele, dimpotrivă, se dezvoltă mai bine pe soluri slab alcaline. Pentru fiecare specie există un interval optim de reacţie (tabelul 4.1). La unele specii acest interval este foarte larg, adică cresc bine atît pe solurile acide cît şi pe cele alcaline (ovăz, tomate), la altele intervalul optim este destul de restrîns (in, tutun). Pomii şi arbuştii fructiferi cresc relativ bine pe solurile acide, mărul, părul şi coacăzul fiind specii caracteristice din acest punct de vedere. În general, plantele cultivate suportă mai bine mediul acid decît pe cel alcalin. Cele mai multe specii se dezvoltă bine la o reacţie slabă spre moderat acidă (*p*H 5,5—6,5) (I s l a m i şi colab., 1980).

Tabelul 4.1

Preferinţa cîtorva specii de plante cultivate faţă de reacţia solului (liniile întrerupte indică o mai slabă dezvoltare a plantelor, cele continue arată domeniul optim de dezvoltare a lor) (după R u s s e l şi colab.)

	*p*H-ul						
	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5
Lucernă	———	·····					
Sfeclă de zahăr	———	·····					
Orz	———	·····					
Grîu de toamnă	———	·····					
Trifoi roşu	····	———	———	———	·····		
Ovăz		·····	·····	———	·····		
Secară				·····	———	———	———
Timoftică					·····	———	———

În funcţie de preferinţa lor faţă de reacţia solului, speciile cultivate pot fi grupate astfel:

Foarte sensibile la aciditate sînt: bumbacul, sfecla de zahăr şi cea furajeră, cînepa, varza, care cresc bine pe soluri neutre sau slab alcaline (*p*H 7—8).

Sensibile la reacţia acidă sînt: orzul, grîul de primăvară şi cel de toamnă, porumbul, soia, fasolea, mazărea, trifoiul, floarea-soarelui, castraveţii, ceapa, salata. Ele se dezvoltă foarte bine pe soluri slab acide (*p*H 6—7), de aceea se obţin sporuri de producţie la aplicarea amendamentelor pe soluri acide sau foarte acide.

Puţin sensibile la aciditatea solului sînt: secara, ovăzul, timoftica, tomatele, ridichea, morcovul. Asemenea culturi se dezvoltă bine în limitele unui *p*H destul de larg (*p*H 4,5—7,5) cel mai favorabil fiind, totuşi, *p*H 5,5—6,0.

Specii ce preferă soluri acide sînt: inul, cartoful, lupinul galben şi cel albastru, ceaiul, citricele şi unele specii ornamentale. Cartoful este puţin sensibil la reacţia acidă, iar inul creşte bine într-un interval *p*H relativ restrîns (*p*H 5,5—6,0). Dozele mari de amendament, care urmăresc ridicarea *p*H-ului spre domeniul neutru, pot

Scanned with OKEN Scanner

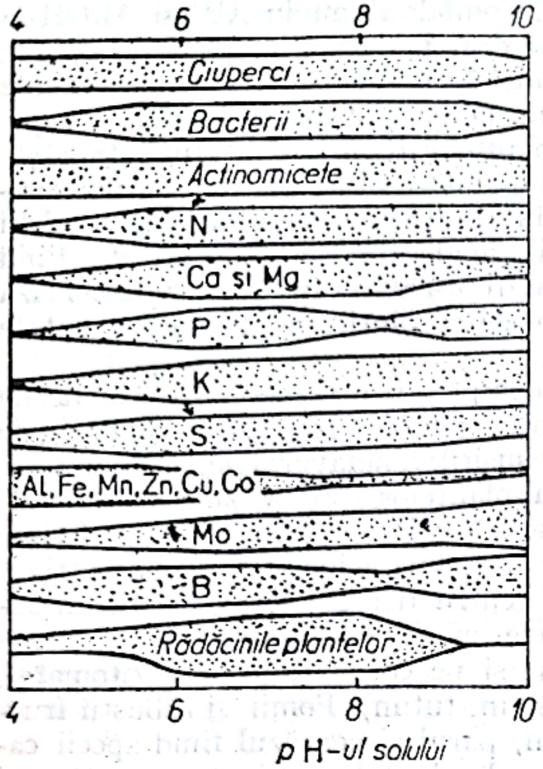


Fig. 4.1. Corelația dintre *p*H-ul solului, pe de o parte, și mobilitatea elementelor nutritive, dezvoltarea microorganismelor și creșterea rădăcinilor, pe de altă parte (după diverși autori).

micșora nivelul recoltei și înrăutăți calitatea acesteia, favorizînd, totodată, apariția de rîie neagră la cartof și de bacterioze la in.

Sensibilitatea plantelor cultivate la reacția acidă variază și în funcție de vîrsta acestora și de condițiile de nutriție. Plantele ierboase au cea mai mare sensibilitate în primele stadii de vegetație. Sensibilitatea maximă la grîu și orz durează 30 de zile, de la răsărire, iar la lucernă 40 de zile (A v d o n i n, 1975). Reacția acidă influențează negativ dezvoltarea plantelor cu atît mai mult cu cît soluția solului este mai săracă în substanțe nutritive (A s l ă n d e r, 1985). Aplicînd îngrășăminte cu N, P, Ca, Mg etc. efectul negativ al acidității solului poate să scadă în mare măsură.

Reacția solului influențează și activitatea microorganismelor. Diversele specii de bacterii se dezvoltă bine în soluri relativ neutre sau slab alcaline, activitatea lor scăzînd evident la *p*H sub 5 (fig. 4.1). Speciile de ciuperci și actinomicete se întîlnesc pe toate tipurile de sol, indiferent de *p*H, frecvența lor fiind totuși mai mare pe soluri acide decît pe cele neutre sau alcaline. Bacteriile nitrificatoare și cele fixatoare de azot molecular cer un *p*H între 6,5—7,9. Mineralizarea substanțelor organice se desfășoară intens și în condițiile mediului foarte acid.

Bacteriile ce produc oxidarea sulfului la acid sulfuric și biodegradarea compușilor organici cu sulf pot activa în limite *p*H foarte largi (*p*H 2—9). Ele sînt bacterii autotrofe din genul *Thiobacillus*, a căror comportare este fundamental deosebită de aceea a bacteriilor nitrificatoare, ceea ce are importanță în legătură cu aplicarea amendamentelor pe soluri saline și alcaline.

În condiții naturale este greu de separat influența negativă a acidității de aceea a unor factori secundari favorizați de mediul acid (apariția ionilor Al^{3+}, Fe^{2+} și Mn^{2+} în cantități toxice în soluția solului etc.).

Reacția optimă dezvoltării plantelor cultivate sau a celor din pășuni și fînețe depinde și de textura solului și de conținutul acestuia în humus (tabelul 4.2). La

Tabelul 4.2

pH-ul optim dezvoltării plantelor de cultură sau din pajiști în funcție de textura și conținutul solului în humus (după F i n c k, 1982)

Textura și conținutul solului în humus		pH-ul optim	
		Teren arabil	Pășune
Soluri avînd sub 4% humus	**Argilă, %**		
Argiloase, luto-argiloase, argilo-lutoase	< 17	7,0	5,8
Lutoase, luto-nisipoase	12—17	6,5	5,5
Nisipo-lutoase	5—12	6,0	5,0
Nisipoase	0—5	5,5	5,0
Soluri avînd peste 4% humus	**Humus, %**		
Sol nisipos bogat în humus	4—8	5,5	5,0
Sol nisipos, foarte bogat în humus	8—15	5,0	5,0
Sol nisipos hidromorf	15—30	4,5	4,5
Sol mlăștinos cu *p*H-ul 6—7	> 30	4,0	4,5

Scanned with OKEN Scanner

o textură nisipoasă sau lutoasă, reacția optimă este la valori de *p*H mai scăzute decît la soluri cu textură argiloasă. Totodată, un conținut ridicat de substanțe organice în sol permite creșterea plantelor și formarea producției maxime la valori de *p*H mai scăzute comparativ cu solurile minerale, sărace în humus. Asemenea observații servesc la o corectă interpretare a datelor cu prilejul stabilirii dozelor de amendamente (fig. 4.2).

Limitele de variație privind *p*H-ul optim menționate în tabelul 4.2 sînt între ±0,2 unități *p*H (de exemplu, pentru *p*H-ul mediu 7,0, limitele domeniului optim sînt 6,8—7,2).

Influența aluminiului asupra creșterii plantelor. Reacția acidă favorizează trecerea parțială a Al în forme solubile, în solurile acide ajungîndu-se uneori la peste 20 mg Al mobil la 100 g sol. Aceasta înseamnă o cantitate foarte mare, uneori de ordinul sutelor de kg, în stratul arat.

Plantele cultivate conțin între 10—200 ppm Al în substanța uscată, valori ridicate fiind în frunze, scăzute în tulpini și foarte ridicate în rădăcini. La anumite specii (ceai) frunzele conțin 2 000—5 000 ppm Al. Faptul că se acumulează mult în rădăcină, demonstrează că Al prezintă mobilitate scăzută în plante.

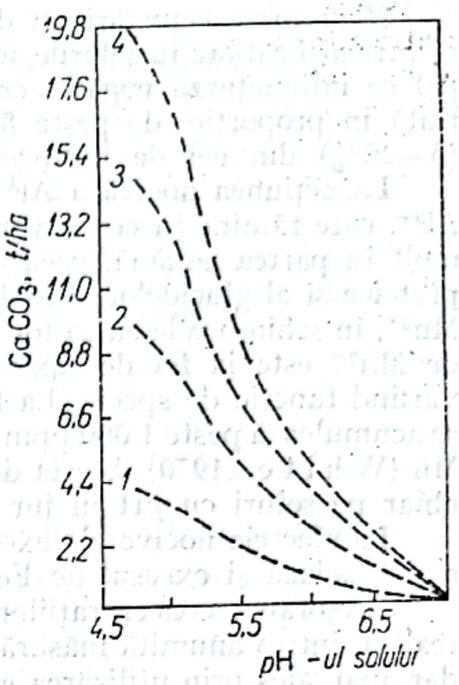


Fig. 4.2. Doze de $CaCO_3$ pentru corectarea reacției solurilor acide funcție de textură, conținutul de humus și capacitatea de schimb cationic (după P e e c h, 1961):

1 — sol nisipos cu 2,5% humus și T=5 me/100 g sol; *2* — sol nisipo-lutos cu 3% humus și T=12 me/100 g sol; *3* — sol lutos cu 4% humus și T=18 me/100 g sol; *4* — sol argilos cu 5% humus și T=25 me/100 g sol.

Concentrații ridicate de Al^{3+} în soluția nutritivă manifestă efecte dăunătoare asupra rădăcinilor, care suferă modificări morfologice, se înnegresc, își micșorează creșterea în lungime și grosime, apar modificări fundamentale ale capacității de adsorbție și reținere a cationilor. În asemenea condiții Al^{3+} provoacă o desorbție a ionilor Ca^{2+}, K^+ și Mg^{2+} și a altor specii de cationi din stratul pectocelulozic al perilor radiculari, înrăutățind nutriția, absorbția acestor cationi scăzînd și crescînd aceea a Al^{3+}. Se micșorează, de asemenea, nutriția cu fosfor, care precipită sub formă de fosfați de aluminiu la suprafața rădăcinii.

Sensibilitatea speciilor de plante la toxicitatea aluminiului diferă.

Speciile calcifuge sînt mai puțin sensibile la toxicitatea aluminiului comparativ cu cele calcifobe.

În funcție de sensibilitatea speciilor de plante la toxicitatea aluminiului, A v d o r i n și colab. (1976) au făcut următoarea clasificare:

— specii tolerante la concentrații ridicate de aluminiu: timoftica și orzul;

— specii sensibile: cartoful, porumbul, lupinul;

— specii cu sensibilitate ridicată: mazărea, fasolea, hrișca, orzul, grîul de primăvară și inul;

— specii foarte sensibile: trifoiul roșu, sfecla de zahăr, grîul de toamnă și lucerna.

Speciile tolerante la concentrații mari de aluminiu posedă însușirea de a fixa acest element în rădăcini, transferul spre partea aeriană fiind scăzut comparativ cu speciile avînd sensibilitate ridicată. Prezența Ca în soluția nutritivă micșorează de 3—4 ori absorbția Al în rădăcina plantelor tolerante, comparativ cu cele netolerante la Al (G u e r r i e r, 1978). Cu cît concentrația activă a ionilor de Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ este mai mare decît aceea a celor de Al^{3+}, cu atît toxicitatea aluminiului este mai scăzută și nutriția îmbunătățită. Plantele sînt mai sensibile la toxicitatea aluminiului în primele stadii după răsărire.

Scanned with OKEN Scanner

Numeroase cercetări au dus la concluzia că aluminiul schimbabil predomină printre alți cationi în solurile acide și că la *p*H sub 5,0 acesta constituie factorul principal ce influențează negativ creșterea plantelor. Aciditatea de schimb este constituită în proporție de peste 80% din ioni de aluminiu și numai în mică măsură (5—20%) din cei de hidrogen (C h i r i ț ă, 1971).

La acțiunea nocivă a Al^{3+} solubil se asociază Mn^{2+} solubil. Spre deosebire de Al^{3+}, care rămîne în cea mai mare parte în rădăcini, manganul se acumulează mai mult în partea aeriană, ceea ce determină tulburări în metabolismul substanțelor proteice și al glucidelor. Îngrășămintele chimice cu azot măresc mobilitatea ionilor Mn^{2+}, în schimb cele cu fosfor au efect în sensul micșorării toxicității Mn^{2+}. Excesul de Mn^{2+} este la fel de toxic ca cel de Al^{3+}, sensibilitatea plantelor la acest exces variind funcție de specie. La fasole simptomele de toxicitate apar cînd în țesuturi se acumulează peste 1 000 ppm Mn^{2+}, la mazăre la peste 500 ppm, iar la orz la 200 ppm Mn (W h i t e, 1970). Sfecla de zahăr și lucerna suferă din cauza excesului de Mn^{2+} chiar pe soluri cu *p*H în jur 6—6,5.

La efectele nocive ale excesului de Al și Mn forme solubile în soluția solului se mai asociază și excesul de Fe^{2+}.

Micșorarea concentrațiilor de Al^{3+}, Fe^{2+} și Mn^{2+} din soluția solului se poate realiza, într-o anumită măsură, prin folosirea îngrășămintelor chimice cu N, P și K, dar mai ales prin utilizarea gunoiului de grajd. Ionii de Al^{3+} schimbabili formează cu materia organică compuși complecși insolubili, Al^{3+} trecînd în forme neschimbabile, fără acțiune nocivă asupra plantelor (C l a r c k și N i c h o l, 1968; P i o n k e și C o r e y, 1967). Principalul mijloc de înlăturare a efectelor datorate ionilor acidității rămîne aplicarea amendamentelor calcaroase.

Compoziția chimică a principalelor amendamente calcaroase. În tabelul 4.3 se dau valorile medii privind compoziția chimică a principalelor amendamente calcaroase utilizate în țara noastră. Cel mai folosit este calcarul măcinat. Compoziția chimică a materialelor ce sosesc în gospodăria agricolă poate să difere de datele medii înscrise în tabelul 4.3. De aceea, înainte de aplicarea pe teren, materialele calcaroase se analizează spre a se stabili puterea lor de neutralizare (*PNA*) și celelalte însușiri chimice.

Primele patru materiale din tabelul 4.3 sînt aplicabile pe solurile acide nedeficitare în magneziu (care conțin în stratul arat peste 1 me Mg/100 g sol uscat), în timp ce dolomita măcinată este preferată pe soluri acide cu mai puțin de 1 me Mg/100 g sol.

Carbonatul de calciu rezidual, obținut la fabricarea îngrășămintelor complexe nitrofosfatice, poate să conțină între 1,3—7,0% N utilizabil (13—70 kg N/t). Cînd în DAC_t se află mai mult azot utilizabil decît DOE_N pentru cultura ce ocupă terenul în anul amendării, este nevoie ca DAC_t să fie aplicată pe parcursul a doi sau mai mulți ani, în fracțiuni anuale (DAC_a) care să nu aducă în sol mai mult azot decît necesarul optim economic pentru culturile care ocupă terenul.

La aplicarea pe teren a amendamentului se pierde prin volatilizare în aer sub formă de amoniac aproximativ 1/8—1/12 părți din azotul total conținut în acest amendament. Carbonatul de calciu de la fabricarea îngrășămintelor complexe nitrofosfatice are o anumită radioactivitate datorită conținutului său de uraniu (40—80 ppm), thoriu (1—2 ppm) și protactiniu. Izotopii radioactivi ai uraniului (U^{238}, U^{235} și U^{234}) sînt alfa și gamma emițători, iar thoriul și protactiniul emit particule beta.

Radioactivitatea totală, exprimată ca număr de dezintegrări alfa și beta pe secundă într-un kilogram din acest amendament, este cuprinsă între 300—1 500 (15—45 nanocurie), funcție de conținutul elementelor radioactive în roca fosfatică folosită la fabricarea nitrofosfaților. În sol, elementele radioactive sînt adsorbite ferm la coloizi și nu trec în plante.

Conținutul de sodiu (1,2—1,4% Na_2O) din carbonatul de calciu precipitat la industria sodei nu micșorează valoarea materialului ca amendament pentru soluri acide. Datorită conținutului său ridicat de apă, precipitatul $CaCO_3$ are consistență păstoasă care îngreunează aplicarea lui cu mașinile din dotarea agriculturii.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.3

Compoziția chimică a principalelor materiale folosite la corectarea reacției solurilor acide (în % din masa proaspătă a materialelor la umiditatea de livrare către agricultură)

Specificarea substanțelor componente	Materialele:				
	Carbonat de calciu de la fabricarea îngrășămintelor complexe nitrofosfatice din fosforite	Carbonat de calciu precipitat din industria sodei	Nămol de defecare din fabricile de zahăr	Calcar (piatră de var) măcinată	Dolomită măcinată
Puterea de neutralizare (PNA) exprimată în $CaCO_3$	65—70	66—68	45—55	88—92	94—98
$CaCO_3$ exprimat ca oxid, CaO	6—39	37—38	25—31	50—52	29—31
$MgCO_3$ exprimat ca oxid, MgO	5—0,30	0,52—0,54	1,6—1,8	1,8—2,0	22—24
K_2CO_3 etc. exprimate ca oxid, K_2O	urme	—	0,06—0,08	—	—
Na_2CO_3 etc. exprimate ca oxid, Na_2O	urme	1,2—1,4	0,03—0,04	—	—
Substanțe organice	urme	—	8,0—12,0	—	—
Azot total, N	1,5—7,5	—	0,2—0,4	—	—
Azot amoniacal, $N—NH_4^+$	0,8—4,0	—	—	—	—
Azot nitric, $N—NO_3^-$	0,7—3,5	—	—	—	—
Azot amoniacal și nitric ($N—NH_4^+ + N—NO_3^-$) utilizabil	1,3—7,0	—	—	—	—
Fosfor total — P_2O_5	1,2—1,4	—	0,6—1,2	—	—
Apă, H_2O	10—18	31—33	32—36	0,2—04	0,2—0,4

Amendamentele ce se obțin din piatră de var și dolomită trebuie să fie măcinate în particule cu diametrul mai mic de 0,5 mm și să treacă în proporție de 80% prin sita cu ochiuri de 0,3 mm.

Nămolul (spuma) de defecare de la fabricile de zahăr conține $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$, $MgCO_3$ 0,30—0,42% P (față de substanța uscată), 120—650 ppm K, 1—5% materie organică, toate precipitate împreună cu particule de argilă. Peste 50% din greutatea particulelor au diametrul sub 0,09 mm, 25% sînt particule între 0,09—0,25 mm, restul fiind între 0,25—0,315 mm diametru. Avînd suprafață specifică mare, carbonații se solubilizează în timp mai scurt decît calcarul după aplicarea în solul acid.

Stabilirea solurilor ce necesită amendamente. Necesită amendamente calcaroase solurile acide, care conțin forme schimbabile de aluminiu și de mangan la niveluri toxice, și cele în care formele mobile ale acestor elemente pot să apară în perioada de vegetație a culturilor, ca urmare a fertilizării cu îngrășăminte chimice.

Suprafețele cu soluri acide din cuprinsul unei ferme de producție agricolă, pe care urmează a se aplica amendamente, se stabilesc prin analize agrochimice, care se efectuează o dată la 3—5 ani.

Formele mobile de aluminiu sau de mangan pot să apară în cantități toxice în solurile care au *p*H-ul (dozat în suspensie apoasă) sub 6,0, iar gradul de saturație cu baze (V_{Ah}) sub 80% dacă au textură lutoasă sau luto-nisipoasă și, respectiv, la *p*H sub 5,8 și grad de saturație în baze sub 85% în cazul celor cu textură luto-argiloasă și argiloasă. Solurile acide cu valori ale *p*H și V_{Ah} sub aceste plafoane necesită să fie amendate prin calcarizare cînd sînt cultivate cu plante de cîmp.

Scanned with OKEN Scanner

Solurile acide ocupate cu plantații de pomi, arbuști fructiferi și viță de vie necesită amendamente calcaroase cînd *p*H-ul din stratul 0—40 cm este sub 5,5, iar gradul de saturație cu baze, sub 65%.

Solurile acide folosite ca pajiști naturale trebuie amendate prin calcarizare dacă *p*H-ul în stratul superficial 0—10 cm coboară sub 5,3 și gradul de saturație cu baze sub 55%.

Stabilirea ordinii de aplicare a amendamentelor calcaroase disponibile. Suprafețele cu soluri acide care trebuie ameliorate prin calcarizare se împart în categorii de urgență după cum urmează:

— *urgența I:* soluri acide cu *p*H-ul sub 5,0 și gradul de saturație cu baze sub 50%;

— *urgența a II-a:* soluri acide cu *p*H-ul cuprins între 5,0 și 5,6 și cu gradul de saturație între 50—70% (soluri luto-nisipoase) și 75% (soluri argiloase și luto-argiloase);

— *urgența a III-a:* soluri acide cu *p*H-ul suspensiei apoase între 5,6—5,8 (soluri cu textură luto-argiloasă); între 5,6 —6,0 (soluri lutoase și luto-nisipoase) și cu gradele de saturație cu baze cuprinse între 75—85% și, respectiv, între 70—80%.

Disponibilul de amendamente calcaroase se aplică începînd cu solurile care, prin însușirile lor, intră în urgența I, continuînd cu cele din urgența a II-a și cu cele din urgența a III-a.

Reușita culturilor leguminoase perene depinde în mare măsură de neutralizarea acidității și asigurarea unui conținut ridicat de calciu (și magneziu) în sol, de aceea prezența lor în asolamente deplasează solurile din urgența a III-a de amendare în urgența a II-a, iar pe aceasta din urmă în urgența I.

În mod asemănător se pot stabili urgențele de aplicare a amendamentelor calcaroase și pentru solurile din plantații pomi-viticole și pentru cele de sub pajiști naturale.

Stabilirea dozelor de amendamente calcaroase. Dozele de amendamente calcaroase *(DAC)* se stabilesc pe baza analizei agrochimice a solului și a materialelor calcaroase disponibile. Pentru aplicarea amendamentului trebuie să se țină seama de următoarele însușiri ale solului și ale amendamentului:

— conținutul inițial de baze schimbabile S_B (cationi bazici, me/100 g sol);
— gradul inițial de saturație cu baze (V_{Ahi},%) a solului și cel dorit a fi atins prin calcarizare (V_{Ahd},%) · $V_{Ahi} = (S_{Bi} \times 100)$: $(S_{Bi} + Ah)$, Ah fiind aciditatea hidrolitică exprimată în me/100 g sol;
— grosimea h (cm) și densitatea aparentă h (g/cm³) pentru stratul de sol ce urmează să fie ameliorat prin calcarizare;
— puterea de neutralizare a amendamentului (*PNA*, % $CaCO_3$);
— conținutul amendamentului în substanțe nutritive (N, P_2O_5 și K_2O).

Primele patru din aceste însușiri se reunesc în formula de bază:

$$DAC,\ \text{tone/ha} = S_{Bi}\left(\frac{V_{Ahd}}{V_{Ahi}} - 1\right) \cdot h \cdot d \cdot 0{,}05 \cdot \frac{100}{PNA} \qquad (4.1)$$

cu ajutorul căreia se stabilesc dozele de amendamente calcaroase necesare neutralizării durabile a acidității vătămătoare și aducerii gradului de saturație cu baze la nivelul dorit. În această formulă, 0,05 reprezintă cantitatea de carbonat de calciu (g) necesară neutralizării unui miliechivalent de aciditate conținută în 100 g sol din stratul care trebuie ameliorat prin calcarizare. Dacă se are în vedere ameliorarea stratului arat gros de 25 cm, cu densitatea aparentă medie de 1,25 g/cm³, cazul obiș-

Scanned with OKEN Scanner

nuit al solurilor cultivate cu plante de cîmp, formula de calcul a *DAC* se concretizează astfel:

$$DAC,\ \text{t/ha} = S_{Bt} \cdot \left(\frac{V_{Ahd}}{V_{Aht}} - 1\right) \cdot 1{,}5 \cdot \frac{100}{PNA} \qquad (4.2)$$

Gradul de saturație dorit, V_{Ahd}, a fi atins prin calcarizare în solurile acide cultivate cu plante de cîmp este de 90% în cazul asolamentelor fără leguminoase perene și 100% în cazul celor cu astfel de culturi.

Pentru solurile acide ocupate cu plantații de pomi, arbuști fructiferi sau viță de vie, *DAC* se stabilesc cu formula:

$$DAC,\ \text{t/ha} = S_{Bt}\left(\frac{75}{V_{Aht}} - 1\right) \cdot 2{,}4 \cdot \frac{100}{PNA}, \qquad (4.3)$$

iar pentru solurile acide de sub pajiști naturale se folosește formula:

$$DAC,\ \text{t/ha} = S_{Bt} \cdot \left(\frac{70}{V_{Aht}} - 1\right) \cdot 0{,}6 \cdot \frac{100}{PNA}, \qquad (4.4)$$

gradele de saturație cu baze necesare de realizat în sol la aceste culturi fiind de 75 și, respectiv, 70%.

Dozele de amendamente calcaroase, exprimate în tone $CaCO_3$ 100%/ha ($CaCO_3$ pur) pentru un diapazon cuprinzător de valori S_{Bt} și V_{Aht} se dau în tabelele 4.4, 4.5, 4.6 și 4.7. Dozele din tabele trebuie corectate funcție de puterea de neutralizare (*PNA*) a materialului calcaros existent în fermă, prin înmulțire cu raportul 100/*PNA*.

Cînd amendamentul disponibil conține azot utilizabil în concentrații mai mari de 0,3%, cazul carbonatului de calciu de la fabricarea nitrofosfaților, poate să fie nevoie de fracționarea *DAC* totală în două sau mai multe aplicări anuale. Cheltuiala suplimentară cu fracționarea *DAC* se justifică prin cerința de a valorifica azotul rezidual din amendament care, adesea, valorează mai mult decît costul și cheltuiala cu procurarea și aplicarea amendamentului în sol, și prin necesitatea de a preveni excesul de N mineral în sol sau poluarea apelor cu nitrați.

Tabelul 4.4

Doze de amendamente calcaroase (*DAC), t $CaCO_3$ 100%/ha, pentru asolamentele cu plante de cîmp fără leguminoase perene**

V_{Aht} (%)	S_{Bt} în miliechivalenți la 100 g de sol									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
15	15,0									
20	10,5	21,0								
25	7,8	15,6	23,4							
30	6,0	12,0	18,0	24,0						
35	4,7	9,4	14,1	18,8	23,6					
40	3,8	7,5	11,3	15,0	18,8	22,5				
45	3,0	6,0	9,2	12,0	15,0	18,0	21,0			
50	2,4	4,8	7,2	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2	21,6	
55	1,9	3,8	5,7	7,6	9,5	11,2	13,1	15,0	17,0	19,0
60	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0
65	1,1	2,3	3,4	4,6	5,7	6,8	8,0	9,1	10,3	11,3
70	0,8	1,7	2,5	3,4	4,2	5,0	5,9	6,7	7,6	8,4
75	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0

* Pentru soluri acide cu *p*H-ul în stratul arat sub 6,0 (soluri nisipoase sau nisipo-lutoase) și sub 5,8 (soluri lutoase sau luto-argiloase), gradul de saturație cu baze fiind sub 80 (85)%.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.5

Doze de amendamente calcaroase (*DAC, t $CaCO_3$ 100%/ha) pentru asolamentele cu plante de cîmp cu leguminoase perene**

V_{Ahi} %	SB_i în miliechivalenți la 100 g de sol									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
15	17,0									
20	12,0	24,0								
25	9,0	18,0	27,0							
30	7,0	14,0	21,0	28,0						
35	5,6	11,1	16,7	22,2	27,8					
40	5,0	9,0	13,5	18,0	22,0	27,0				
45	4,0	7,3	11,0	14,6	18,3	22,0	25,6			
50	5,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	
55	2,4	5,0	7,3	10,0	12,2	14,2	17,0	19,4	21,9	24,3
60	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	17,8	19,8
65	2,0	3,2	4,8	6,4	8,5	9,5	11,1	12,7	14,3	15,9
70	1,3	2,5	3,9	5,0	6,3	7,6	8,8	10,1	11,3	12,6
75	1,0	2,0	3,0	4,0	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,9
80	0,8	1,5	2,3	3,0	3,8	4,5	5,3	6,0	6,8	7,5

* Pe soluri acide cu *p*H-ul suspensiei apoase sub 6,0 (soluri nisipoase sau nisipo-lutoase) și sub 5,8 (soluri argiloase sau argilo-lutoase) și cu gradul de saturație cu baze (V_{Ahi}) sub 80% (soluri nisipoase sau nisipo-lutoase) și sub 85% (soluri argiloase).

Tabelul 4.6

Doze de amendamente calcaroase (*DAC, t $CaCO_3$/ha) de aplicat la înființarea plantațiilor pomicole și viticole (inclusiv pepiniere) pe terenuri mecanizabile**

V_{Ahi} (%)	SB_i me/100 g de sol uscat							
	2**	4	6	8	10	12	14	16
25**	9,6	19,2	—	—	—	—	—	—
30	7,2	14,4	21,6	—	—	—	—	—
35	5,5	10,9	15,4	21,9	—	—	—	—
40	4,2	8,4	12,6	16,7	20,9	—	—	—
45	3,2	6,4	9,6	12,8	16,0	19,2	22,4	—
50	2,4	4,8	7,2	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2
55	1,8	3,5	5,3	7,0	8,7	10,5	12,2	14,0
60	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6
65	0,7	1,5	2,2	2,9	3,7	4,4	5,2	5,9

* Soluri cu *p*H-ul suspensiei apoase (raportul sol: apă = 1: 2,5) sub 5,5 și cu V_{Ahi} sub 65%.

** Valori medii pentru stratul 0—40 cm.

Tabelul 4.7

Doze de amendamente calcaroase (*DAC, t $CaCO_3$ 100%/ha) pentru pajiști naturale, în funcție de suma bazelor de schimb (SB_i) și de gradul de saturație cu baze (V_i) în stratul 0—10 cm al solurilor acide**

V_{Ahi} %	SB_i în miliechivalenți la 100 g de sol									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	7,2									
15	4,4	8,8								
20	3,0	6,0	9,0							
25	2,2	4,3	6,5	8,6	10,8					
30	1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6				

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.7 (continuare)

1	2	6	4	5	6	7	8	9	10	11
35	1,2	2,3	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6		
40	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,6	6,3	7,2	8,1	9,0
45	0,7	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6
50	0,5	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8
55	0,3	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	2,9	3,2
60	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9
65	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8

* Soluri cu *p*H-ul suspensiei apoase (raportul sol: apă = 1: 2,5) sub 5,3 şi gradul de saturaţie cu baze sub 55%.

Aplicarea amendamentului în două sau mai multe fracţiuni anuale este necesară cînd cantitatea de azot utilizabil din doza totală de amendament calcaros (DAC_t) este mai mare decît doza optimă economică de azot (DOE_N) prevăzută pentru cultura care va ocupa terenul în anul amendării. Doza anuală de amendament calcaros cu azot (DAC_{at}) se stabileşte cu formula:

$$DAC_{at},\ \text{t/ha} \cdot \text{an} = \frac{(DOE_N - N_{ai})}{N_u \cdot 10} \qquad (4.5)$$

în care: N_{ai} reprezintă cantitatea de azot (kg/ha) aplicată în sol cu îngrăşămintele naturale şi cu cele produse industrial pentru cultura din plan, înainte de momentul amendării; N_u — conţinutul de azot utilizabil în % din masa proaspătă (la umiditatea de aplicare a amendamentului): DOE_N — doza optimă economică totală de azot (kg/ha) prevăzută a se aplica la cultura care ocupă terenul în anul amendării.

După efectuarea primei aplicări anuale de amendamente calcaroase, în doza corectată funcţie de conţinutul de azot utilizabil din amendament, rămîne de aplicat în anii următori o cantitate de amendament (DAC_r) care se stabileşte cu formula:

$$DAC_r = DAC_t - DAC_{at} \cdot \frac{PNA}{100} \qquad (4.6)$$

în care:

DAC_t este doza totală de amendament calcaros, stabilită cu una din formulele 4.1—4.4, iar DAC_{at} este prima doză anuală de amendament calcaros aplicată pe terenul în cauză, stabilită cu formula 4.5.

Influenţa amendamentelor asupra însuşirilor fizice, chimice şi biologice ale solului. Carbonatul de calciu este greu solubil în apa lipsită de CO_2 (0,014 g/litru la 25°C); în apa încărcată cu CO_2 solubilitatea lui creşte de 50—60 de ori. Presiunea CO_2 din atmosfera solului este de cîteva sute de ori mai ridicată decît aceea de la suprafaţa solului, ceea ce favorizează solubilizarea $CaCO_3$ din amendament şi transformarea lui la bicarbonat de calciu:

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2;$$

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

$$Ca(OH)_2 + 2H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2 + 2H_2O.$$

Scanned with OKEN Scanner

Bicarbonatul de calciu şi hidroxidul de calciu intră în reacţie cu fracţiunea coloidală, micşorînd aciditatea solului:

$$\text{Micela}\begin{bmatrix}H^+\\H^+\end{bmatrix} + Ca^{2+} + 2\,HO^- \longrightarrow \text{Micela}\begin{bmatrix}Ca^{2+}\end{bmatrix} + 2H_2O;$$

$$\text{Micela}\begin{bmatrix}Al^{3+}\\H^+\end{bmatrix} + 2\,Ca^{2+} + 4\,HO^- \longrightarrow \text{Micela}\begin{bmatrix}Ca^{2+}\\Ca^{2+}\end{bmatrix} + 2H_2O + Al(OH)_3$$

Acizii liberi din soluţia solului sînt şi ei neutralizaţi:

$$2\,HNO_3 + Ca(HO)_2 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + 2\,H_2O$$

După aplicarea amendamentului în sol, Ca şi Mg se află, pentru un anumit timp, în trei forme chimice: în *stare de carbonat de calciu* şi *magneziu;* în *formă schimbabilă la fracţiunea coloidală a solului* şi în *stare ionică în soluţia solului,* ca *bicarbonat* sau *hidroxid.* Cu timpul, carbonatul se dizolvă în întregime, contribuind pe de o parte la neutralizarea acidităţii solului, iar pe de alta o parte din calciu este îndepărtat din stratul arat o dată cu recoltele şi prin levigare sub acţiunea apelor de infiltrare. Factori ca textura nisipoasă a solului, aplicarea îngrăşămintelor cu reacţie potenţial acidă, precipitaţii abundente, aport de materie organică etc. contribuie la creşterea procentului de calciu levigat. Cercetări efectuate în România şi în alte ţări au arătat că anual se îndepărtează 100—250 kg Ca/ha şi 30—80 kg Mg/ha, ceea ce duce la concluzia că după un număr de ani trebuie să se revină la aplicarea amendamentelor.

Amendamentele exercită o influenţă multilaterală şi de lungă durată asupra însuşirilor fizice, chimice şi biologice ale solului.

Efectul asupra însuşirilor fizice se datoreşte calciului care, coagulînd coloizii solului prin formarea de humaţi de calciu, contribuie la legarea particulelor de sol în agregate stabile. Aceasta atrage după sine îmbunătăţirea circulaţiei apei şi a aerului, micşorarea posibilităţilor de formare a crustei la suprafaţă. Solul se lucrează mult mai uşor. Creşte lent conţinutul de humus dacă se aplică îngrăşăminte, iar în lipsa lor conţinutul de humus scade prin mineralizare biochimică intensă. Se dezvoltă mai bine microorganismele heterotrofe, contribuind la formarea humusului şi la dispariţia produşilor toxici intermediari.

Schimbarea reacţiei solului determină modificări ale mobilităţii elementelor nutritive. Dacă reacţia devine slab acidă sau neutră, scade conţinutul de Al^{3+}, Fe^{2+} şi Mn^{2+} forme mobile sub limita la care aveau efect nociv asupra plantelor şi microorganismelor (tabelul 4.8). Bacteriile fixatoare de azot se dezvoltă bine pe această cale rezultînd o creştere a conţinutului de azot asimilabil, iar cele nitrificatoare găsesc condiţii optime pentru transformarea formei NH_4^+ pînă la azot nitric.

Amendamentele măresc conţinutul formelor accesibile de fosfor din sol. Aceasta se explică prin faptul că pe măsură ce se micşorează aciditatea solului, creşte solu-

Tabelul 4.8

Modificarea indicilor acidităţii solului brun acid montan (Vatra Dornei) şi a solubilităţii Al, Fe şi Mn sub acţiunea $CaCO_3$ aplicat ca amendament
(după L i x a n d r u şi colab., 1984)

$CaCO_3$ t/ha	pH_{H_2O}	Carbon organic C %	S_B	A_h	A_s	V %	Al me/100 g	Fe ppm	Mn ppm
			me/100 g sol						
0	5,1	0,77	6,0	7,7	0,94	43,8	4,96	41	134
6	6,0	0,78	10,7	5,4	0,69	66,5	2,15	13	107
12	6,2	0,82	15,8	3,5	0,07	81,8	0,18	9	3

Scanned with OKEN Scanner

bilitatea fosfaților bazici de aluminiu de tipul varscitei, existenți în procent ridicat în asemenea soluri. Totodată, creșterea activității ionilor HO^- din soluția solului favorizează eliberarea ionilor $H_2PO_4^-$ din starea de adsorbție și trecerea lor în soluția solului. Din activitatea microorganismelor ce descompun materia organică rezultă diverși acizi organici care, formînd compuși de tip chelat cu Fe^{2+} și Al^{3+}, împiedică retrogradarea fosforului.

Mobilitatea potasiului poate să crească sau să scadă, în funcție de condiții. De regulă, crește tăria de reținere a K^+ la complexul coloidal și scade concentrația acestuia în soluția solului. Fenomenul se explică prin legile după care se desfășoară adsorbția cu schimb de cationi. Potrivit legii rapoartelor, după înlocuirea hidrogenului din complexul adsorbtiv cu calciu, se mărește raportul concentrației active a celor două specii de cationi (Ca^{2+}, K^+) aflate la complexul adsorbtiv și se micșorează acel raport în soluția solului, adică se mărește tăria de reținere a potasiului. Cu toate acestea, datorită scăderii concentrației ionilor H^+ și Al^{3+} din soluția solului, plantele absorb mai bine toate speciile de ioni nutritivi, inclusiv potasiul. Un conținut de calciu prea ridicat în soluția solului poate, totuși, deranja absorbția potasiului.

Accesibilitatea Mg^{2+} se modifică în același sens cu accesibilitatea potasiului, adică se micșorează concentrația Mg^{2+} în soluția solului.

În privința microelementelor, cu excepția molibdenului, a cărui mobilitate este scăzută în condițiile mediului puternic acid și ridicată în cel neutru sau alcalin, mobilitatea celorlalte microelemente scade în urma aplicării amendamentelor. Concentrația Mn^{2+} din soluția solului scade sub limita de toxicitate pentru plante (vezi fig. 4.1 și tab. 4.8). Mobilitatea borului poate să scadă, de asemenea, pînă la apariția semnelor de insuficiență. Cuprul devine mai puțin accesibil plantelor deoarece este reținut prin adsorbție la particulele de calcar, sau formează compuși insolubili cu diverse substanțe organice. Insuficiența lui poate fi remarcată pe soluri gleice, cu conținut ridicat de materie organică, și pe cele cu textură nisipoasă. Folosirea îngrășămintelor cu microelemente pe soluri tratate cu amendamente contribuie la obținerea de sporuri de recoltă chiar în cazul molibdenului.

Gradul de saturație cu baze ($V\%$) crește evident, scăzînd procentul de aluminiu (vezi tabelul 4.8).

Pe soluri montane folosite ca pajiști, sub influența amendamentelor dispar speciile cu valoare furajeră scăzută cum sînt *Nardus stricta* și *Sphagnum*, apărînd specii valoroase, printre care și leguminoase.

Aplicarea amendamentelor calcaroase în cadrul asolamentelor și a tehnologiilor de cultură a plantelor. În asolamentele cu in și cartof nu se recomandă aplicarea amendamentelor calcaroase pe parcelele unde urmează să fie aceste culturi, din cauza sensibilității lor la șocul chimic determinat în sol de calcarizare. Pe solul proaspăt calcarizat crește incidența atacului de bacterioze la in și de rîie comună la cartof. Aceste culturi valorifică bine efectul ulterior, în al III-lea și al IV-lea an al calcarizării.

La efectul direct al calcarizării, reacționează cu sporuri mari de recoltă trifoiul, lucerna, orzul, porumbul, grîul și celelalte plante de cîmp, care se cultivă pe soluri acide, cu excepția inului și cartofului.

În ceea ce privește momentul aplicării, este recomandabil ca amendamentele ce nu conțin azot utilizabil să fie aplicate și încorporate în sol cu arătura de bază, o dată cu îngrășămintele solubile cu fosfor și cu potasiu. Amendamentele se pot aplica și mult înainte sau după lucrarea profundă a solului, ori de cîte ori starea fizică a acestuia permite accesul și funcționarea corectă a agregatului de aplicare.

Pentru valorificarea efectului azotului din carbonatul de calciu, obținut ca subprodus la industria îngrășămintelor complexe, se recomandă aplicarea lui primăvara, pe terenul încă înghețat și ocupat cu cereale păioase de toamnă, sau pe arăturile așezate, destinate culturilor de primăvară.

Scanned with OKEN Scanner

Cînd se impune aplicarea amendamentului pe terenul arat şi încă insuficient aşezat este bine ca agregatul de aplicare să se deplaseze în lungul brazdelor.

Carbonatul de calciu rezidual de la fabricarea îngrăşămintelor complexe poate fi aplicat şi după răsărirea porumbului sau a altor culturi de primăvară, care urmează să fie fertilizate suplimentar cu azot, cu condiţia ca aplicarea să fie făcută uniform şi în doza stabilită, funcţie de conţinutul de azot utilizabil din amendament şi de necesarul de azot al culturilor, cum s-a menţionat mai sus. Aplicarea acestui amendament în perioada vară-toamnă implică riscul pierderii parţiale a azotului prin levigare sau denitrificare.

Deoarece îngrăşămintele organice micşorează efectul negativ al aciditătii asupra culturilor, se recomandă ca amendamentele să nu se aplice în acelaşi an pe terenul ce urmează să se fertilizeze organic, ci în al doilea sau al treilea an după aceea. Efectele însumate ale îngrăşămintelor organice şi amendamentelor calcaroase, aplicate pe suprafeţe deosebite, sînt mai mari decît atunci cînd aceste măsuri se aplică simultan pe acelaşi teren. Aplicînd amendamentele şi îngrăşămintele organice pe sole diferite se reuşeşte ameliorarea şi creşterea capacităţii de producţie a solului pe suprafeţe mai mari; solele pe care s-au aplicat amendamente calcaroase urmează a fi fertilizate organic în anii următori.

Cînd fertilizarea solului cu fosfor se face folosind fosforite activate, nu se recomandă încorporarea lor în sol concomitent cu amendamentele calcaroase prin aceeaşi lucrare. În astfel de situaţii este bine ca fosforitele să fie introduse în sol cu arătura, iar amendamentele calcaroase, prin discuire.

Cînd se dispune atît de fosforite cît şi de îngrăşăminte fosfatice solubile, primele se vor folosi cu precădere pe terenul încă necalcarizat şi pe cel calcarizat cu trei sau mai mulţi ani în urmă, rezervînd îngrăşămintele solubile pentru terenul pe care se vor aplica amendamentele. Fosforitele neactivate, aplicate în doze optime de 50—150 kg P_2O_5 /ha, nu pot neutraliza aciditatea vătămătoare din sol, deoarece nu aduc decît 1/10—1/20 -a parte din cantitatea de calciu necesară, iar acesta se află în minerale mult mai puţin solubile decît carbonatul de calciu şi de magneziu din amendamente. De aceea, aplicarea de fosforite în doze normale de P_2O_5 nu înlătură necesitatea calcarizării, iar aceasta din urmă, în condiţiile menţionate mai sus, nu face inutilă folosirea fosforitelor pe solele stabilite prin analiza agrochimică a solului.

Periodicitatea aplicării amendamentelor calcaroase. În condiţiile climatice în care evoluează solurile acide, procesul debazificării stratului lor arat continuă, cu aceeaşi intensitate, şi după calcarizarea acestor soluri. Îndepărtarea bazelor din stratul arat are loc prin consumul cu recoltele şi prin levigare. Pe măsură ce calciul şi magneziul se elimină din stratul arat al solurilor calcarizate are loc refacerea aciditătii, iar o dată cu aceasta, însuşirile fizice, chimice şi biologice ale solului se înrăutăţesc. După cîţiva ani de la aplicarea amendamentelor calcaroase capacitatea de producţie a solurilor intră în declin, tinzînd spre nivelul scăzut anterior amendării. Din aceste motive amendarea solurilor acide prin calcarizare este o măsură care trebuie aplicată periodic.

Dinamica refacerii aciditătii şi înrăutăţirii însuşirilor fizico-chimice ale solului acid poate fi urmărită şi cuantificată prin analize agrochimice repetate la 3—5 ani. Analizele se referă la *p*H, suma bazelor schimbabile, aciditatea adsorbită, formele mobile de aluminiu şi mangan, gradul de saturaţie cu baze, datele servind la fundamentarea deciziei privind repetarea calcarizării. Nevoia de a reveni cu amendamente pe acelaşi teren intervine cînd *p*H-ul şi gradul de saturaţie cu baze coboară la nivelul valorilor-prag, specificate cînd s-a vorbit despre urgenţele de aplicare a amendamentelor.

Dacă s-au aplicat la prima amendare doze normale de amendamente, pe solurile cultivate cu plante de cîmp apare nevoia de a se reveni cu amendamente după o perioadă de circa cinci ani. Dozele se stabilesc cu ajutorul formulelor 4.2—4.5,

Scanned with OKEN Scanner

folosind datele analizei agrochimice. Cînd se aplică amendamentele înainte ca pH-ul şi gradul de saturaţie cu baze ale solului să scadă sub valorile prag, *DAC* (de întreţinere) sînt mai mici decît cele aplicate prima dată.

Transportul, depozitarea temporară şi aplicarea amendamentelor pe teren. Transportul amendamentelor de la furnizori la gara cea mai apropiată de gospodăria agricolă beneficiară se face pe cale ferată, în vagoane deschise. Din acestea, amendamentele se descarcă pe platforma gării sau direct în mijloacele de transport.

Încărcarea de pe platforma gării în mijloacele de transport direct sau în maşina de aplicare pe teren se face cu încărcătorul hidraulic TIH 445 sau cu încărcătorul frontal IFRON.

De la gară amendamentele se transportă, de regulă, direct la solele pe care urmează a se aplica. Transportul se face cu trenuri de remorci basculante 2RM2 tractate cu tractoare U 650 sau U 1010.

Depozitarea temporară se face direct pe sol, în grămezi conice, înalte de minimum 1,5 m, pe cît posibil la mijlocul laturii lungi a solei de amendat.

Pînă la aplicarea amendamentului pe teren, grămezile se protejează de ploaie şi spulberare de vînt prin acoperire cu folii de polietilenă. Aceasta se impune cu deosebire în cazul carbonatului de calciu cu azot rezidual, care poate fi spălat din amendament de apa din precipitaţii, poluînd solul din jurul grămezii.

Aplicarea pe teren se face cu maşina MA-3,5 la o lăţime de lucru de 8 m şi o uniformitate de distribuire de cel mult 25% ($DAC \pm 25\%$). Maşina MA-3,5 poate aplica la o trecere între 590—5 120 kg amendament/ha, în funcţie de viteza benzii transportoare şi de deschiderea şubărului. Dozele mai mari de 5 t/ha, maxima posibilă la o trecere pe teren cu MA-3,5, se realizează prin parcurgerea de două ori a terenului pe aceleaşi urme.

Efectul amendamentelor asupra nivelului recoltei. Sporurile de recoltă pe care le asigură amendarea solurilor acide diferă în raport cu însuşirile agrochimice iniţiale ale solului acid, rotaţia culturilor, gradul de favorabilitate al condiţiilor climatice anuale, sistemul de fertilizare şi agrotehnica aplicată. La aceeaşi cultură şi în condiţii climatice comparabile, sporurile de recoltă pe care le determină calcarizarea sînt cu atît mai ridicate cu cît iniţial aciditatea solului a fost mai accentuată. Efectul calcarizării se micşorează treptat după o curbă, pe măsură ce cresc pH-ul şi gradul de saturaţie cu baze în sol, ajungînd să fie statistic nesemnificativ pe solurile cu aceste însuşiri la nivelul valorilor-prag.

În general, leguminoasele reacţionează la calcarizare cu sporuri mai ridicate, comparativ cu culturile anuale neleguminoase. În tabelul 4.9 se prezintă date medii pentru condiţiile din ţara noastră privind sporurile de recoltă ce pot fi realizate prin aplicarea amendamentelor pe soluri acide.

Tabelul 4.9

Date medii privind sporurile de recoltă pe care le poate asigura amendarea solurilor acide prin calcarizare cu amendamente fără azot, fosfor şi potasiu

Specificare	Productivitatea anuală a rotaţiei unităţi cereale/ha	Sporuri de recolte (unităţi cereale/ha şi an) pe soluri avînd însuşirile iniţiale;		
		pH_i sub 0,5 V_{Ai} sub 50%	pH_i 5,2—5,6 V_{Ai}: 50—70%	pH_i 5,6—5,8 V_{Ai} 70—85%
Rotaţie fără leguminoase perene	3 000	540	270	120
	5 000	950	500	250
	7 000	1 400	770	420
Rotaţie cu leguminoase perene	4 000	840	480	280
	6 000	1 320	780	480
	8 000	1 840	1 120	720

Scanned with OKEN Scanner

Considerînd un sol cu *p*H-ul între 5,2—5,6 și gradul de saturație cu baze 50—70%, pe care s-au aplicat 6 t/ha agrocalcar, la o durată de acțiune a acestuia de 5 ani și o productivitate medie a rotației fără leguminoase perene de 5 000 unități cereale la hectar și an, rezultă că sporul de recoltă raportat la o unitate agrocalcar (100% $CaCO_3$) ajunge la 80 unități cereale pe an și tona de agrocalcar.

În cazul carbonatului de calciu obținut ca subprodus la fabricarea îngrășămintelor nitrofosfatice, la efectul de amendament din anul aplicării se mai adaugă efectul azotului pe care-l conține acest material. Dacă se aplică în mod corect, fiecare kg de azot utilizabil din acest material determină sporuri de recoltă de minimum 9 unități cereale. La o valoare a *PNA* de 65% și un conținut de azot utilizabil în acest amendament de 2,5%, sporul specific de recoltă în anul aplicării va fi de circa 280 unități pe tona de amendament fizic.

Măsuri de protecția muncii la vehicularea și aplicarea amendamentelor calcaroase. Regulile de protecție și securitate a muncii în lucrările de vehiculare și aplicare a amendamentelor calcaroase sînt aceleași care se aplică în întreprinderile industriale ce le produc.

La expunere exterioară, fără a fi ingerate, carbonații și silicații de calciu sau magneziu precum și alte substanțe din amendamente (azotatul și bicarbonatul de amoniu, fosfații de calciu din carbonatul de calciu rezidual de la obținerea îngrășămintelor complexe; carbonatul de sodiu din carbonatul precipitat la industria sodei; substanțele din nămolul de defecare de la industria zahărului etc.) nu sînt toxice pentru om și animale. Dozele de radiații din carbonatul de calciu rezultat la obținerea îngrășămintelor nitrofosfatice nu prezintă pericol pentru personalul ce-l manipulează.

Mecanizatorii și, în general, întregul personal ce lucrează cu amendamente calcaroase poartă ochelari de protecție, salopete, mănuși și șorțuri de cauciuc pe toată durata lucrului. La sfîrșitul lucrului echipamentul se curăță prin spălare cu detergenți.

Consumul de alimente este permis după spălarea mîinilor și a feței.

4.2. CORECTAREA REACȚIEI ȘI A CONȚINUTULUI DE SĂRURI DIN SOLURILE SALINE ȘI ALCALINE

Răspîndire și caracterizare. Solurile saline și alcaline din România, împreună cu cele afectate de procese de salinizare, ocupă 510 000 ha (circa 3,4% din suprafața agricolă). Se întîlnesc în cea mai mare parte în Cîmpia de Vest, apoi în Lunca și Delta Dunării, în Cîmpia Română, Moldova, Dobrogea și în Podișul Transilvaniei. Circa 120 000 ha teren agricol au o fertilitate scăzută datorită alcalinității ridicate (R ă u ț ă, 1984). Răspîndirea lor este legată în primul rînd de formele negative de relief din luncile rîurilor, de pe terasele joase ale acestora sau din zonele de contact dintre două forme de mezorelief, care permit acumularea apei și asigură menținerea unui nivel freatic la mică adîncime (maximum 2,5 m).

La formarea lor mai concură climatul de stepă sau de silvostepă și factorii litologici sau hidrogeologici. Se întîlnesc sub formă de masive compacte sau ca petice răspîndite în arealele de cernoziomuri caracteristice zonei, formînd complexe de soluri pe care culturile cresc foarte slab sau pier. Prin ameliorarea însușirilor lor, ele pot fi introduse în circuitul solurilor productive.

Sub aspect agrochimic, solurile afectate de excesul de săruri solubile și de alcalinitate pot fi clasificate astfel:

— **Soluri saline,** ce conțin cantități ridicate de săruri solubile în soluția solului, care afectează germinația și creșterea plantelor. Sărurile solubile sînt în cantități mari în stratul de la suprafață și în cantități din ce în ce mai mici mai spre adîncime. G h e d r o i ț K. a numit aceste roluri *solonceacuri*; se întîlnesc de-a lungul

Scanned with OKEN Scanner

litoralului Mării Negre și în N—E Cîmpiei Române, în sectoarele de relief depresionar cu ape freatice la mică adîncime. Conductivitatea extractului apos de sol este peste 4 mmhos/cm, iar Na schimbabil reprezintă sub 15% din capacitatea de schimb cationic (T). Pe asemenea soluri cresc numai specii de plante spontane adaptate la salinitate *(Salicornia herbacea, Suaeda maritima, Salsola soda, Artemisia salina* etc.)

— **Soluri sodice sau alcaline**, cu un conținut ridicat de Na^+ schimbabil (peste 15% din T), reacție alcalină ($pH > 8,5$) datorită prezenței sodei (Na_2CO_3) în soluția solului, salinitatea fiind scăzută în stratul de la suprafață (conductivitatea electrică sub 4 mmhos/cm). Sînt numite *soloneț*. Coloizii peptizează ușor datorită procentului ridicat de Na^+ adsorbit la complexul coloidal, transformîndu-se într-un hidrosol ce migrează într-un orizont intermediar, care devine compact. Datorită sodiului coloizii se hidratează puternic, apa fiind reținută cu presiuni pînă la 200 atmosfere, în timp ce presiunea osmotică a rădăcinii plantelor nu depășește 15 atmosfere. În solurile nesalinizate moleculele de apă sînt reținute cu 1—3 atmosfere.

— **Soluri saline-alcaline** care conțin atît cantități excesive de săruri solubile (conductivitate peste 4 mmhos/cm) cît și Na schimbabil (> 15% Na schimbabil), pH-ul fiind sub 8,5. Creșterea plantelor cultivate este afectată de salinitate și de prezența Na schimbabil. Sînt soluri de trecere de la solonceac la soloneț.

Caracterizarea solurilor saline și alcaline se face cu ajutorul următorilor indici importanți:

Conductivitatea electrică (CE) este definită ca inversul rezistivității electrice (r); se exprimă în mmhos/cm sau mS/cm (milisiemens/cm). Solurile se clasifică în trei grupe, în funcție de CE al extractului apos (tabelul 4.10).

Conductivitatea electrică se corelează direct cu conținutul de săruri solubile și cu presiunea osmotică:

conținutul de săruri, ppm = = 651 × CE în mmhos/cm;

conținutul de săruri, me/l = = 10 × CE în mmhos/cm;

presiunea osmotică, atm = 0,35× ×CE în mmhos/cm.

Aprecierea gradului de salinitate după conținutul total de săruri solubile ($CTSS$) și cel de anioni se face potrivit limitelor din tabelul 4.11.

Tabelul 4.10

Clasificarea solurilor saline după conductivitatea electrică *(CE)*, la 25°C

CE, mmhos/cm*	Clasa de salinitate
<2	Salinitate scăzută, normală
2—4	Salinitate moderată
>4	Salinitate ridicată

* mmhos/cm = mS/cm = 10^{-3} S/cm = 10^{-1} S/m = 0,1 S/m.

Tabelul 4.11

Clasificarea solurilor după conținutul de săruri solubile (textură mijlocie) și de anioni în stratul de la suprafață (după Florea, 1976)

Specificare	Soluri nesalinizate (%)	Soluri salinizate (%)			Solonceac (%)
		Slab	Mediu	Puternic	
CTSS	<0,100	0,10—0,25	0,26—0,60	0,60—1,00	1,00—1,50
Cl^-, %	0,015—0,020	0,02—0,05	0,05—0,12	0,12—0,20	0,20—0,25
SO_4^{2-}	0,040—0,060	0,05—0,10	0,10—0,30	0,30—0,50	0,50—0,80
CO_3^{2-}	absent	0,005	0,005—0,01	0,01—0,03	0,03—0,06
HCO_3^-	0,060—0,075	—	—	—	—

Raportul de adsorbție a sodiului (SAR) este o valoare ce exprimă echilibrul între Na^+ adsorbit și $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ adsorbiți, toate valorile fiind exprimate în me/100 g sol:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}} \qquad (4.7)$$

Scanned with OKEN Scanner

Valoarea *SAR* servește și la aprecierea calității apei de irigare; un raport neechilibrat între ionii Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} poate conduce la procese de salinizare secundară a solului.

Valoarea limită a *SAR* peste care solul devine salinizat depinde de textura și alcătuirea lui mineralogică: 8—10 pentru argile cu rețea expandabilă, 20 la cele cu rețea neexpandabilă, 75 la nisip pur, 5—15 la solul cu textură fină (peste 10% argilă). De obicei se consideră valoarea 12 ca o limită medie.

Procentul de sodiu adsorbit (PSA) se calculează astfel:

$$PSA = \frac{\text{me Na}}{\text{me T}} \cdot 100 \qquad (4.8)$$

Cu cît procentul de Na schimbabil este mai ridicat, crește mai mult conductivitatea electrică a extractului apos de sol. Magneziul, ca ion complementar asociat cu procentul ridicat de sodiu schimbabil, înrăutățește mai mult însușirile solului prin comparație cu cazul asocierii sodiului cu calciu ca ion complementar. Procentul ridicat de Na^+ schimbabil în sol produce următoarele însușiri nefavorabile creșterii plantelor: formarea unei cruste tari la suprafața solului uscat, conductivitate hidraulică scăzută care împiedică infiltrarea apei, slaba germinare, răsărire și creștere a plantelor, reținerea apei cu forțe puternice la particulele de sol, procese de gonflare cînd solul este umed. Înlocuirea parțială a Na^+ schimbabil prin Ca^{2+}, combinată cu alte măsuri, înlătură neajunsurile semnalate.

Conductivitatea hidraulică este însușirea solului de a permite infiltrarea apei sub acțiunea unei diferențe de potențial al acesteia. La solurile sodice conductivitatea hidraulică este foarte scăzută datorită dispersiei coloidale, gonflării (mărirea volumului solului în stare umedă) și a prezenței orizontului intermediar compact de acumulare a argilei. Conductivitatea hidraulică se poate măsura, exprimarea vitezei de infiltrare a apei făcîndu-se pornind de la ecuația lui *Darcy* ce definește scurgerea. Creșterea conductivității hidraulice la solurile sodice este indispensabilă pentru ameliorarea însușirilor lor. Această creștere se poate realiza prin lucrări ce măresc porozitatea solului, dar factorul cel mai important este înlocuirea parțială a sodiului schimbabil cu calciu, ceea ce micșorează conductivitatea electrică și o mărește pe cea hidraulică (fig. 4.3).

În vederea ameliorării sărăturilor trebuie să se cunoască *p*H-ul, conductivitatea electrică (*CE*), conținutul total de săruri solubile (*CTSS*), capacitatea totală de schimb de cationi (*T*), suma bazelor schimbabile (*SB*), conținutul de Na schimbabil (S_{Na}), de Ca + Mg forme schimbabile, de Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-, precum și însușirile de textură ale solului de care depinde conductivitatea hidraulică. Datele permit o orientare asupra naturii sărurilor dominante. În funcție de natura sărurilor conținute, sărăturile pot fi: clorurice (cînd predomină clorurile), sulfatice (predomină sulfații), sulfato-clorurice, cloruro-sulfatice, sodo-sulfatice (conțin și Na_2CO_3) și carbonatice (conțin $NaHCO_3 + Na_2CO_3$). În funcție de compoziția sărăturilor se stabilesc măsurile ameliorative ce se impun.

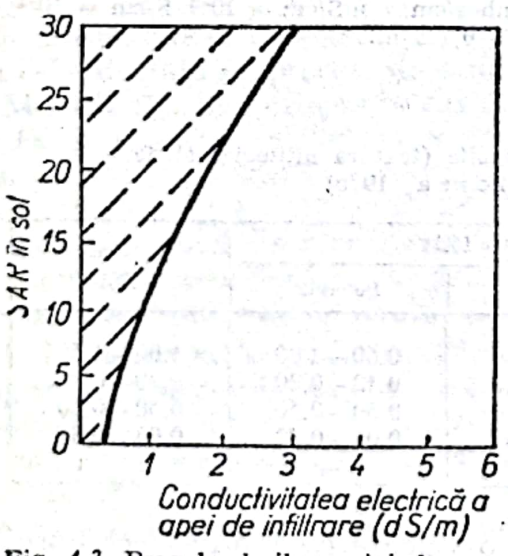


Fig. 4.3. Pragul valorilor, privind raportul de adsorbție a sodiului în stratul superficial de sol și conductivitatea electrică a apei de infiltrare pentru menținerea permeabilității solului (după Rhodes citat de J. Loveday, 1984).

Toleranța plantelor cultivate la salinitate. Plantele cultivate posedă însușirea de a se adapta la o stare de salinitate în sol. Această însușire se numește *toleranță la salinitate*. Noțiunea a fost introdusă în știință de N. Bucur și colab. în 1954.

Scanned with OKEN Scanner

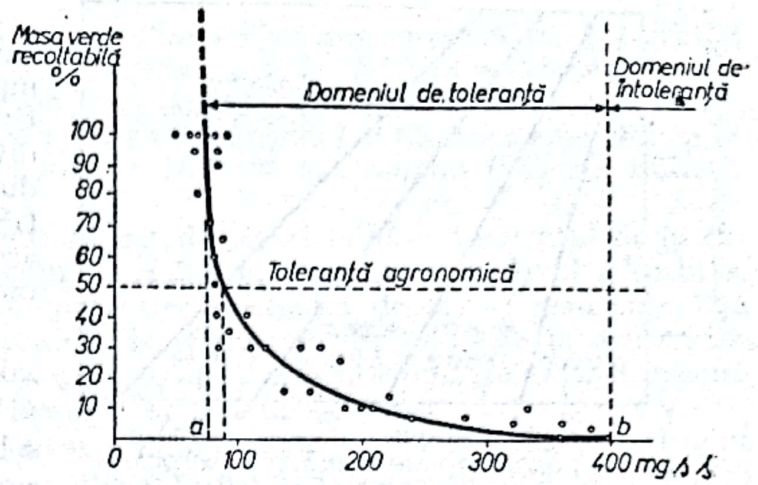


Fig. 4.4. Toleranța la salinitate (lucerna):
ss — săruri solubile; *a* — limita (pragul) inferioară; *b* — limita superioară de toleranță (după Bucur și colab., 1956).

Momentul în care plantele încep să sufere din cauza acțiunii nocive a concentrației prea mari a sărurilor solubile din sol se numește *prag de toleranță la salinitate* al plantei cultivate pe sol salinizat.

Momentul în care planta piere sau se dezvoltă foarte puțin, din cauza conținutului ridicat de săruri solubile, se numește *limită de toleranță la salinitate.* Intervalul dintre cele două limite menționate a fost numit *interval de toleranță* (Bucur, Lixandru și alții, 1956, fig. 4.4).

Sensibilitatea plantelor cultivate la salinitate, adică pragul de toleranță, începe la 60—90 mg săruri solubile la 100 g sol uscat, iar limita de toleranță variază între 100—700 mg săruri solubile, funcție de specie și soi. S-au stabilit trei categorii de plante după toleranța acestora la salinitate: cu toleranță ridicată, moderat tolerante, cu toleranță scăzută (tabelul 4.12).

Tabelul 4.12

Toleranța culturilor la salinitate și *pH*-ul optim dezvoltării lor (după diverși autori)

Toleranța la salinitate	Specia și *pH*-ul optim
Foarte ridicată (*CE* = 8—12 mmhos/cm)	Lucernă (6,2—7,8); *Alyssum* (6—7,5); sparanghel (6—8); varză (7—8); morcov (5,5—7,5); conopidă (5,5—7,5); sfeclă de grădină (6—8); spanac (6—7,5); sfeclă de zahăr (6,5—8,0); garoafe (6—7,5); crizanteme (6,5—8); geranium (6—8); iederă (6—8); orez (5—6); ovăz (5—6); iarbă de sudan, *Cynodon dactylon*; *Puccinelia* sp.
Moderată (*CE* = 4—8 mmhos/cm)	Grîu (5,5—8,0); orz (6,5—7,8); trifoi alb; floarea-soarelui (6,5—7,8); bumbac (6,5—8); porumb (6,5—8); castraveți (6,5—8); țelină (5,8—7,0); sorg (5,5—7,5); tomate (6,5—8); mei (7—8,2); begonia (5,5—7,0); calendula (5,5—7,0); *Lespedeza* (7—8,2); crin (6—7); liliac (6—7,5).
Scăzută (*CE* = 2—4 mmhos/cm)	Cais (6—7); tutun (5,5—7,5); cireș (5—5,7); trandafir (5—6,5); secară (5—7); soia (5,5—7,5); cartof (5—6,5) mazăre; fasole; in.

Pomii fructiferi și vița de vie sînt, în general, plante puțin tolerante la salinitate. Piersicul, mărul și părul sînt speciile cele mai tolerante. În ordine descrescătoare, speciile forestiere se situează astfel în privința toleranței la salinitate: cătina roșie (*Tamarix* sp.), cătina albă *(Elaeagnus angustifolia)*, ulmul, frasinul, plopul canadian, dudul, salcîmul, arțarul, stejarul.

Scanned with OKEN Scanner

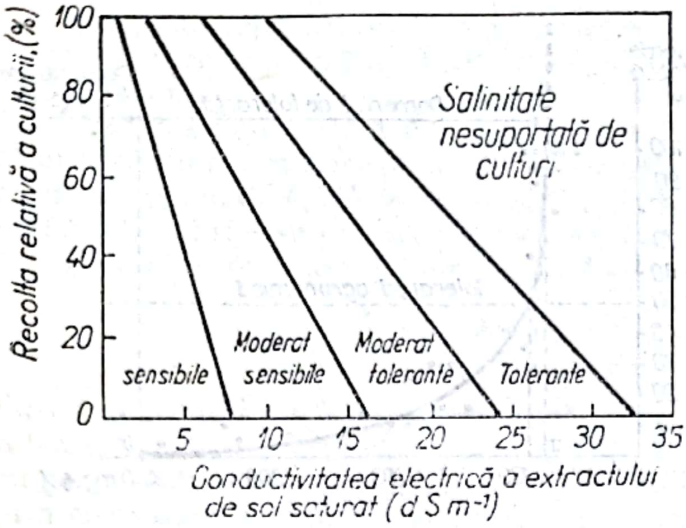


Fig. 4.5. Clasificarea schematică a culturilor după toleranța lor la salinitate (după M a s s și H o f f m a n, 1977).

Conductivitatea electrică a extractului apos de sol constituie cel mai bun criteriu de apreciere a cultivabilității solurilor salinizate cu diverse specii de plante (tabelul 4.13, după U. S. Salinity Laboratory, USA). O reprezentare schematică a acestui criteriu de apreciere a toleranței este dată și în figura 4.5.

Toleranța plantelor cultivate la salinitate este condiționată și de *p*H-ul solului și de natura ionilor din soluția solului; de aceea ea poate fi exprimată și în funcție de *p*H sau de conținutul solului în diverși anioni. În general, cu cît *p*H-ul solului este mai ridicat, intervalul de toleranță al plantei cultivate la salinitate este mai restrîns. Dintre anioni, cei mai toxici sînt carbonații, deoarece, aflîndu-se sub formă de $NaHCO_3$ și Na_2CO_3, hidrolizează alcalin, mărind *p*H-ul soluției solului. Clorul este mai toxic decît SO_4^{2-}. În unele sărături se găsește și bor în cantități nocive, în special în soluri irigate din regiuni aride și semiaride. Se apreciază că apa ce conține peste 4 mg B/l este nesatisfăcătoare pentru irigare la toate culturile, cea cu 2—4 mg B/l este acceptabilă pentru culturi tolerante, cu 1—2 mg B/l este utilizabilă la culturi semitolerante și cu 0,5—1,0 mg B/l se poate folosi la culturi sensibile sau moderat sensibile.

Tabelul 4.13

Legătura dintre toleranța plantelor la salinitate și conductivitatea electrică a extractului apos de sol

Influența asupra creșterii plantelor	Conductivitatea electrică, (mmhos/cm la 25°C)
Efectul salinității este neglijabil	0—2
Speciile foarte sensibile suferă	2—4
Cele mai multe specii suferă	4—8
Cresc satisfăcător numai speciile tolerante	8—16
Cresc satisfăcător foarte puține specii tolerante	> 16

Cea mai mare sensibilitate la efectul nociv al sărurilor se constată imediat după germinarea plantelor. Semințele speciilor care nu posedă însușirea de a se îmbiba cu apă, în condițiile presiunii osmotice ridicate, nu pot germina. În acest stadiu de germinare, gramineele sînt mai tolerante la săruri comparativ cu leguminoasele. Clorurile sînt cele mai toxice în această perioadă.

Activitatea bacteriilor nitrificatoare și a celor fixatoare de azot este scăzută pe soluri saline. Din activitatea microorganismelor ce descompun resturile organice rezultă, ca produs intermediar, putresceina, o substanță toxică pentru plantele cultivate.

Măsuri agrochimice de ameliorare a solurilor saline și alcaline. Îmbunătățirea însușirilor fizice, chimice și biologice ale solurilor saline și alcaline se face prin măsuri ce urmăresc îndepărtarea cauzelor care produc salinizarea solului, înlăturarea excesului de săruri și a alcalinității nocive plantelor cultivate, creșterea conductivității hidraulice, prin înlocuirea sodiului schimbabil cu calciu. În funcție de tipul de sărătură, pot fi folosite una sau mai multe categorii de măsuri (agro-

Scanned with OKEN Scanner

chimice, agrotehnice, hidroameliorative etc.). Ameliorarea se referă în primul rînd la stratul de sol în care se dezvoltă principala masă de rădăcini a plantelor cultivate (20—40 cm). Recuperarea lor nu se poate realiza fără intervenţii asupra straturilor inferioare, compacte şi neaerisite, care împiedică infiltrarea apei. Măsurile ce se folosesc depind şi de destinaţia de utilizare a terenului (păşune, fîneaţă, arabil).

În cazul sărăturilor cu conţinut ridicat de săruri solubile în stratul de la suprafaţă (solonceacuri), fără sau cu puţin Na^+ schimbabil în complexul adsorbtiv, măsurile ameliorative urmăresc îndepărtarea excesului de săruri prin coborîrea nivelului freatic sub adîncimea critică de salinizare. Se foloseşte în acest scop drenajul subteran sau de suprafaţă şi irigarea cu ape nesalinizate. Într-o măsură scăzută pot fi folosite şi amendamente sub formă de gips.

În soloneţuri şi soluri soloneţizate se urmăreşte corectarea reacţiei alcaline şi înlocuirea Na^+ schimbabil din complex prin Ca^{2+}. Sursa de ioni Ca^{2+} pentru înlocuirea ionilor Na^+ schimbabil o pot constitui chiar mineralele ce conţin Ca, existente în sol, în primul rînd gipsul ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) şi carbonatul de calciu ($CaCO_3$). Dacă solul este nesalinizat în stratul inferior celui lucrat şi conţine asemenea minerale, o simplă desfundare poate aduce la suprafaţă mineralele ce conţin calciu. Irigarea culturii în cazul orezului este suficientă pentru a favoriza schimbul ionilor de Na^+ adsorbiţi cu cei de Ca^{2+} proveniţi din mineralele solului.

Solubilizarea $CaCO_3$ are loc printr-un proces simplu de hidroliză care contribuie la schimbul de cationi:

$$\text{sol}\,]2Na^+ + H_2O + CaCO_3 \longrightarrow \text{sol}]Ca^{2+} + 2Na^+ + HCO_3^- + HO^-$$

Eliminarea CO_2 din rădăcinile plantelor sau activitatea microorganismelor pot grăbi acest proces:

$$\text{sol}\,]2Na^+ + CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow \text{sol}]\, Ca^{2+} + 2Na^+ + 2HCO_3^-$$

Grăbirea solubilizării $CaCO_3$ poate avea loc prin aplicarea de amendamente acide sau care dau naştere la acizi (acid sulfuric, sulf, polisulfuri, sulfaţi feroşi, ferici sau de aluminiu etc.). Chiar apa de irigaţie poate să conţină mult calciu şi puţin sodiu.

De obicei se foloseşte sulfat de calciu ca amendament (gips). Întotdeauna se asociază acest tratament cu măsuri de irigare, folosind ape nesalinizate şi cu drenarea excesului de ape încărcate cu săruri, coborîrea totodată a nivelului freatic. Folosirea îngrăşămintelor chimice sau organice este o măsură indispensabilă sporirii productivităţii sărăturilor ce se ameliorează.

Materiale utilizabile ca amendamente. În funcţie de proveniența lor, acestea se grupează astfel:

1 — amendamente native: calcarul, gipsul, sulful, praful de lignit;

2 — preparate chimice: acid sulfuric, sulfat de aluminiu, sulfat feros sau feric;

3 — deşeuri industriale: fosfogips, spumă de defecare, deşeuri industriale, conţinînd sulfat de fer sau de aluminiu, reziduuri de la fabricarea furfurolului, ape reziduale de la fabricarea acidului sulfuric.

Gipsul nativ ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) se utilizează la ameliorarea soloneţurilor şi a solonceacurilor sodice. Materialul conţine 70—80% din particule ce trec prin sita cu ochiuri de 0,25 mm, iar restul prin cea cu ochiuri de 2 mm. Are în jur de 15—18% S şi 31% CaO. Este greu solubil în apă (2 g $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ per litru, la 18°C). În sol se solubilizează lent şi participă la reacţiile de înlocuire a Na^+ schimbabil prin Ca^{2+} şi la neutralizarea reacţiei alcaline:

$$\text{sol}]2\, Na^+ + CaSO_4 \longrightarrow \text{sol}]\, Ca^{2+} + Na_2SO_4;$$

$$Na_2CO_3 + CaSO_4 \longrightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$$

Scanned with OKEN Scanner

Înlocuirea Na^+ schimbabil din sol cu Ca^{2+} favorizează coagularea coloizilor solului; humații de calciu și $CaCO_3$ ce se formează leagă particulele în agregate stabile. Se îmbunătățește circulația aerului și apei din sol. Sulfatul de sodiu ce rezultă este o sare neutră, nedăunătoare plantelor cultivate cînd este în cantitate mică. Cînd rezultă cantități mari și crește conductivitatea electrică peste 4 mmhos/cm, Na_2SO_4 trebuie eliminat prin irigarea cu ape nesalinizate și drenaj.

Gipsul este folosit și la ameliorarea sărăturilor ce conțin mult Mg^{2+} în formă schimbabilă. El trebuie foarte bine amestecat cu solul.

Fosfogipsul este un reziduu de la fabricarea acidului fosforic pe cale umedă și a fosfatului trisodic. Conține 75—80% $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, 1—3% P_2O_5, 15 ppm Mn, 20 ppm Co, 27 ppm Cu, 55 ppm Cr, 0,7 ppm Ni. Are radioactivitatea de 2—3 ori mai mare decît fondul cosmic, deoarece rocile fosfatice conțin 30—250 μg U_3O_8/g de minereu (G o r e c k i și colab., 1981). Are reacție acidă (pH_{H_2O}* = 2,5—4,5), datorită resturilor de H_3PO_4, H_2SO_4, H_2SiF (G o l g o ț i u și colab., 1985); deoarece conține fosfor, dă rezultate superioare comparativ cu gipsul, cînd este aplicat ca amendament. Neajunsul lui este că se prezintă ca un nămol (30—34% umiditate) ce se zvîntă greu dacă nu se așază în grămezi mici. Pentru aplicarea pe teren trebuie să conțină cel mult 10% umiditate. Comparativ cu gipsul, a cărui valoare de acidifiere este de 100%, fosfogipsul are valoare de acidifiere de 75—80%

Clorura de calciu ($CaCl_2 \cdot 6H_2O$) se obține ca deșeu la fabricile de sodă. După aplicarea în sol, calciul înlocuiește sodiul din complexul adsorbtiv, dînd naștere la NaCl, care poate fi îndepărtată din profilul solului prin spălare cu ape nesalinizate.

Sulful nativ se folosește rar ca amendament. Din oxidarea lui sub acțiunea thiobacteriilor rezultă acid sulfuric care, intrînd în reacție cu $NaHCO_3$ sau cu $Ca(HCO_3)_2$, dă naștere la săruri neutre, contribuind la micșorarea alcalinității solului. Se folosește pe soluri ce conțin $CaCO_3$, sau se aplică concomitent și $CaCO_3$ pe soluri salinizate.

Deșeurile industriale ce conțin sulfați de fer sau sulfat de aluminiu, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ pot contribui la corectarea reacției alcaline dată de Na_2CO_3 și $NaHCO_3$, prin formarea de Na_2SO_4. Se folosesc în stare fin măcinată.

Praful de lignit ce rezultă ca deșeu la exploatările miniere poate fi utilizat la recuperarea solurilor solonețizate, prin faptul că conține sulf nativ, care în sol este oxidat la acid sulfuric sub acțiunea thiobacteriilor.

Reziduul de la fabricarea furfurolului se prezintă ca un nămol în care sînt diverse resturi organice (coceni de porumb, coji de semințe de floarea-soarelui etc.) și acide (H_2SO_4), utilizate la obținerea furfurolului. Are efect ca amendament și îngrășământ.

Stabilirea dozelor de amendamente. Doza de amendament se calculează funcție de conținutul solului în Na^+ adsorbit *(PSA)*, de alcalinitate, de capacitatea de schimb de cationi *(T)* și de valoarea acidifiantă a amendamentului. Sodiul adsorbit se îndepărtează pînă la realizarea unui raport Na/Ca potrivit nevoii plantelor cultivate. Acest raport corespunde momentului cînd solul conține numai 5% Na^+ schimbabil din *T*. Practic s-a demonstrat că se obține o ameliorare satisfăcătoare și cînd solul conține pînă la 10—12% Na^+ schimbabil din *T*. Doza de amendament se exprimă în t/ha de $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

Pentru calcul se utilizează relația:

$$\text{Doza, } CaSO_4 \cdot 2H_2O \text{ t/ha} = 0{,}086 \left(b - T \frac{c}{100} + d \right) H \cdot Gv, \qquad (4.9)$$

* pH_{H_2O} = pH determinat din extract apos de sol.

Scanned with OKEN Scanner

în care:

b este conținutul solului în Na^+ schimbabil (me/100 g sol);

T — capacitatea de schimb cationic a solului (me/100 g);
c — procentul de Na^+ schimbabil ce poate rămîne în sol (5—12%);
d — alcalinitatea datorată carbonatului și bicarbonatului de sodiu (me/100 g sol);
H — adîncimea stratului de sol ce se ameliorează (cm);
Gv — greutatea volumetrică a solului (t/m³), avînd valorile 1,3—1,7 la soluri aluviale; 1,3—1,5 la soluri nisipoase; 1,5—1,75 la soluri gleice; 1,55—1,65 la lăcovişti; 0,086 — coeficient de transformare a miliechivalenților de Na^+ schimbabil în g $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

În general, dozele de amendament pot ajunge la 10—40 t/ha la sărăturile cloruro-sulfatice și la cele cu carbonați alcalini în soluția solului. Dacă se utilizează și irigarea cu ape dulci ca măsură ameliorativă, dozele de amendament se reduc cu 20—30%. În solurile cu textură argiloasă dozele sînt mai mari ca în cele nisipoase. Dozele excesive de amendament trebuie evitate întrucît, pe lîngă un consum inutil de energie, pot avea chiar efecte nefavorabile.

Tehnica aplicării amendamentelor. Efectul gipsului și al altor substanțe utilizabile ca amendamente depinde de finețea particulelor și de omogenitatea amestecului lor cu solul. Cu cît particulele sînt mai fine și mai intim amestecate cu solul, cu atît schimbul de cationi și procesele de oxidare sînt mai energice. Amendamentele se aplică prin împrăștiere la suprafața solului, folosind mașini speciale, toamna înaintea începerii anotimpului ploios sau primăvara. În cazul pășunilor și fînețelor, încorporarea se face printr-o grăpare energică, iar în solurile cultivate se încorporează printr-o arătură sau discuire. Adîncimea arăturii depinde de tipul de sărătură. Cînd la suprafață este un strat de sol nesalinizat sau slab salinizat, conținutul de săruri crescînd mai jos pe profil, adîncimea arăturii se reglează astfel încît să nu se aducă la suprafață straturi ce conțin Na^+ schimbabil sau săruri solubile în concentrații nocive plantelor cultivate. În asemenea cazuri se indică combinarea arăturii cu afînarea solului prin lucrări de subsolaj la 50—60 cm adîncime. Cînd se aplică și irigarea ca măsură ameliorativă, amendamentul se poate aplica deasupra arăturii, amestecul cu solul făcîndu-se printr-o discuire. Apele de irigare solubilizează și difuzează amendamentul în restul masei solului.

Dacă solurile salinizate se află sub formă de petice care ocupă sub 30% din totalul suprafeței tarlalei, aplicarea amendamentului se poate face numai pe aceste porțiuni.

Folosirea îngrășămintelor pe soluri saline. Aplicarea amendamentelor fără îngrășăminte oferă sporuri mici de recoltă. Gunoiul de grajd semidescompus constituie materialul cel mai bun pentru fertilizarea solonețurilor cu coloane la adîncime medie și a solonețurilor solodizate (A b r a h a m și colab., 1971). Gunoiul de grajd contribuie, totodată, la îmbunătățirea însușirilor chimice ale solurilor, permițînd o mai bună circulație a aerului și a apei. Din descompunerea lui rezultă CO_2, care favorizează solubilizarea $CaCO_3$ din amendamente și schimbul de cationi. Dozele optime sînt de 20—30 t/ha, în funcție de sărătură. În același scop se pot folosi paiele și diverse resturi vegetale, cu condiția folosirii concomitente a îngrășămintelor chimice cu azot. Aplicat pe soloneturi cu coloane la mică adîncime, neaerisite, gunoiul de grajd și paiele sau resturile vegetale se descompun lent, avînd efect scăzut asupra producției și asupra îmbunătățirii însușirilor solului.

Îngrășămintele chimice cu azot au efecte asemănătoare gunoiului de grajd sau chiar superioare pe anumite sărături, sporind producția cînd sînt aplicate singure sau împreună cu gunoiul de grajd. Se recomandă folosirea îngrășămintelor chimice cu reacție potențial acidă. Cele mai bune rezultate dau sulfatul de amoniu și azotatul de amoniu (C o l i b a ș, 1975). Se pot utiliza cu succes și ureea sau azotatul de calciu.

Scanned with OKEN Scanner

Îngrăşămintele chimice cu fosfor sînt necesare în special la culturi cu perioadă lungă de vegetaţie (lucerna), iar cele cu potasiu sînt utile la culturi mari consumatoare de K^+ (sfecla). Dozele se stabilesc în funcţie de producţiile scontate şi de rezultatele analizei chimice a solului. Sînt necesare, uneori, şi îngrăşăminte cu microelemente (Mn, Mo, Zn), deoarece solubilitatea acestora este scăzută chiar după aplicarea amendamentelor.

Eficienţa amendamentelor. Amendamentele îmbunătăţesc însuşirile solului şi nivelul producţiei, cînd sînt însoţite de măsuri obligatorii de reglare a regimului hidric şi de îndepărtare a sărurilor nocive plantelor cultivate, prin irigare cu ape dulci. Acestea sînt măsuri de ameliorare radicală, iar utilitatea folosirii lor este impusă de tipul de sărătură (S a n d u şi colab., 1983).

S-a încercat ameliorarea sărăturilor şi prin cultivarea orezului în condiţii de irigare. Rezultatele cercetărilor (O b r e j a n u şi colab., 1960; A l b e s c u şi colab., 1964 etc.) au dus la concluzia că o asemenea cultură se poate practica dacă stratul superficial de sol de 50 cm conţine sub 200 mg săruri solubile la 100 g sol sau dacă Na^+ schimbabil este sub 15—20% din *T*. Cînd aceste valori sînt superioare, se cere mai întîi irigarea solului cu ape „dulci" pînă se ajunge la un conţinut scăzut de săruri, inferior limitei de toleranţă a orezului.

La păşunile şi fînetele naturale efectul amendamentelor poate fi superior dacă se foloseşte supraînsămînţarea sau reînsămînţarea cu specii de plante ierboase tolerante la salinitate şi cu valoare furajeră relativ ridicată. Se recomandă: *Puccinellia distans, Agropyron repens, Lotus corniculatus, Trifolium repens, Lolium perene* ş.a. Dintre plantele furajere se pot cultiva cu cele mai bune rezultate iarba de Sudan, sorgul şi borceagul de toamnă.

Solurile salinizate ameliorate s-ar putea, de asemenea, cultiva cu plante medicinale tolerante la salinitate ca: *Matricaria chamomilla*, caracterizată printr-un conţinut ridicat de uleiuri volatile, *Artemisia salina, Achillea millefolia* şi *Plantago lanceolata*.

Efectul amendamentelor asupra producţiei este evident în primul an de la aplicare, creşte şi atinge un nivel maxim în anul al şaselea şi apoi scade. În această perioadă se remarcă schimbări în însuşirile solului: scade *p*H-ul cu 0,4—1,1 unităţi, se micşorează gradul de soloneţizare cu 50—70%, se măreşte conţinutul de săruri solubile (Na_2SO_4; $MgSO_4$) ca urmare a schimbului de cationi, solul dobîndeşte o structură mai bună, ceea ce favorizează circulaţia aerului şi a apei. În cazul aplicării gunoiului de grajd fără amendamente, nu se observă modificări ale *p*H-ului şi ale concentraţiei Na^+ schimbabil.

Cercetări comparative folosind diverse amendamente (fosfogips, spumă de defecare, clorură de calciu, sulf, reziduuri de la fabricarea furfurolului, ape reziduale de la fabricarea acidului sulfuric, zgure de furnal, lignit) au demonstrat că cel mai bun efect se remarcă în cazul fosfogipsului şi al spumei de defecaţie de la fabricile de zahăr (C o l i b a ş, 1975; O b r e j a n u şi S a n d u, 1971; R a i k o v, 1971; O p r e a şi colab., 1970 etc.). Cheltuielile efectuate cu procurarea şi aplicarea amendamentelor sînt recuperate în cîţiva ani prin sporurile de recoltă ce se obţin.

Teste recapitulative

4.1. Descrieţi materialele destinate corectării reacţiei acide a solurilor şi procedeele de stabilire a cantităţilor utilizabile în scopul corectării reacţiei acide.

4.2. Definiţi toleranţa plantelor faţă de salinitate şi alcalinitate. Precizaţi cum se stabilesc şi utilizează dozele de amendamente destinate corectării reacţiei alcaline şi a conţinutului ridicat de sodiu schimbabil din sol.

Scanned with OKEN Scanner

5. AGROCHIMIA ÎNGRĂȘĂMINTELOR

5.1. CLASIFICAREA ÎNGRĂȘĂMINTELOR, CARACTERISTICI, PRODUCȚIE ȘI CONSUM

Îngrășămintele * sînt substanțe minerale sau organice obținute prin sinteză, prin prelucrarea unor roci naturale, sau rezultă ca produse reziduale din diverse activități umane (zootehnie etc.), utilizabile în agricultură în scopul creșterii nivelului și calității recoltelor, prin sporirea fertilității solului. Ele pot fi utilizate în stare solidă, lichidă sau sub formă de gaz.

În funcție de modul de obținere se deosebesc două categorii: *îngrășăminte chimice, minerale sau industriale* și *îngrășăminte organice naturale.*

Îngrășămintele chimice se obțin prin prelucrarea unor roci naturale sau prin sinteză. În funcție de elementele nutritive pe care le conțin, pot fi îngrășăminte chimice simple cu azot, cu fosfor, cu potasiu, cu macroelemente de ordin secundar (Ca, Mg, S), cu microelemente (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo etc.), și îngrășăminte.compuse care conțin mai multe elemente necesare nutriției plantelor (îngrășăminte complexe sau mixte) (fig. 5.1).

Îngrășămintele organice naturale cuprind: gunoiul de grajd, urina, diverse nămoluri obținute de la complexele de creștere industrială a animalelor sau păsărilor, nămoluri provenite de la epurarea apelor uzate orășenești, diverse composturi preparate în întreprinderile agricole etc. În aceeași categorie se includ unele produse ce prezintă mai mult o semnificație teoretică sau istorică cum sînt: turtele ce rămîn de la extragerea uleiului din semințele de ricin, făina din sînge de la abatoare, făina din resturi de la prelucrarea cărnii, făina din resturi de la industrializarea peștelui, făina de coarne și copite, guano. Ultimul produs, întîlnit în peșteri și locuri

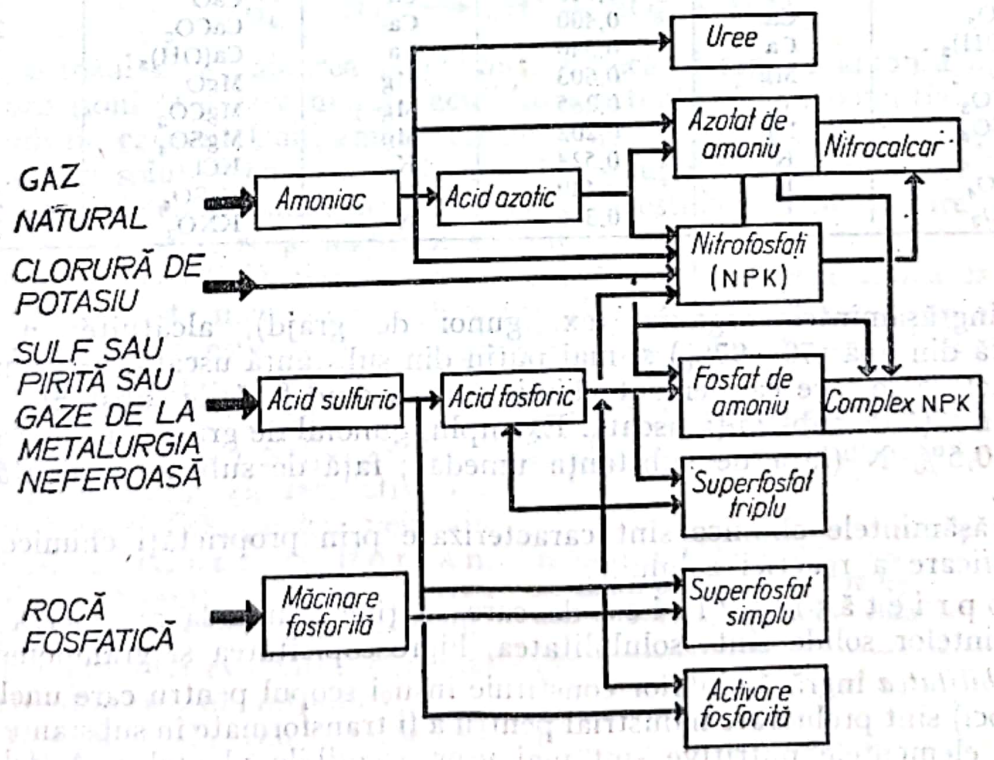


Fig. 5.1. Privire schematică asupra fluxului de fabricare a sortimentului de îngrășăminte din România

* Termenul îngrășămînt vine din limba latină *(ingrassiare* = a îngrășa; fr. *engraissement*; it. *ingrassamento)*, nefiind similar celui de fertilizant și fertilizare, care are o semnificație mai largă, de creștere a rodniciei unui teren prin măsuri agrotehnice, îngrășăminte, irigații etc.

Scanned with OKEN Scanner

adăpostite din zone cu climat temperat sau uscat, s-a format în timp de milenii prin acumularea dejecţiilor de la păsări sălbatice, a cadavrelor de lilieci etc. şi a altor compuşi organici, fiind unul din primele produse importate în Europa din Peru şi Chile, înaintea perioadei de chimizare intensivă a agriculturii.

Caracteristicile îngrăşămintelor. Îngrăşămintele prezintă anumite însuşiri de care se ţine seama cu prilejul obţinerii şi utilizării lor.

Cea mai importantă caracteristică a îngrăşămintelor este conţinutul de substanţă activă.

Prin *substanţă activă* se înţelege procentul de elemente nutritive din acestea, exprimat fie ca element chimic (N, P, K, S etc.), fie ca oxid (P_2O_5, K_2O, CaO etc.). De exemplu, sarea potasică conţine 40% K_2O (exprimare ca oxid) sau 33,2% K (exprimare ca element chimic); superfosfatul simplu cu 20% P_2O_5 (exprimare ca oxid) corespunde la 8,72% P (exprimare ca element chimic). Conţinutul de substanţă activă dintr-un îngrăşământ se stabileşte prin analiză chimică sau prin calcul, cînd acesta este substanţă pură. Astfel, azotatul de amoniu (NH_4NO_3) pur, cu masa moleculară 80, conţine 35 g N/100 g NH_4NO_3. Ca îngrăşământ, azotatul de amoniu conţine 32—34,5% N. Trecerea de la exprimarea ca oxid la aceea de element chimic, şi invers, se face prin folosirea unor coeficienţi de conversie (tabelul 5.1).

Tabelul 5.1

Factori de conversie a oxizilor şi sărurilor în elemente, şi invers

Forma cunoscută	Forma ce se doreşte cunoscută	Factor de conversie	Forma cunoscută	Forma ce se doreşte cunoscută	Factor de conversie
P_2O_5	P	0,436	P	P_2O_5	2,291
K_2O	K	0,830	K	K_2O	1,204
CaO	Ca	0,715	Ca	CaO	1,399
$CaCO_3$	Ca	0,400	Ca	$CaCO_3$	2,497
$Ca(OH)_2$	Ca	0,540	Ca	$Ca(OH)_2$	1,850
MgO	Mg	0,603	Mg	MgO	1,658
$MgCO_3$	Mg	0,285	Mg	$MgCO_3$	3,500
$MgSO_4$	Mg	0,202	Mg	$MgSO_4$	4,950
KCl	K	0,524	K	KCl	1,909
K_2SO_4	K	0,449	K	K_2SO_4	2,228
KNO_3	K	0,386	K	KNO_3	2,599

La îngrăşămintele organice (ex. gunoi de grajd), alcătuite în proporţie însemnată din apă (70—97%) şi mai puţin din substanţă uscată, exprimarea substanţei active se face ca element chimic sau ca oxid faţă de substanţa umedă şi mai puţin faţă de substanţa uscată. Exemplu, gunoiul de grajd cu 75% umiditate conţine 0,5% N (faţă de substanţa umedă); faţă de substanţa uscată, rezultă 2% N.

Îngrăşămintele chimice sînt caracterizate prin proprietăţi chimice, fizice şi de modificare a reacţiei solului.

Proprietăţile fizice de care se ţine seama la aprecierea calităţii îngrăşămintelor solide sînt: solubilitatea, higroscopicitatea şi granulometria.

Solubilitatea îngrăşămintelor constituie însuşi scopul pentru care unele materii prime (roci) sînt prelucrate industrial pentru a fi transformate în substanţe solubile, din care elementele nutritive sînt mai uşor accesibile plantelor. Astfel, anionul ortofosforic din rocile fosfatice se află în compuşi greu solubili şi greu accesibili plantelor, în timp ce îngrăşămintele obţinute prin prelucrarea acestora conţin fosforul sub formă de compuşi uşor accesibili plantelor.

Higroscopicitatea este proprietatea nedorită a îngrăşămintelor solide deoarece, absorbind vapori de apă din atmosferă în timpul păstrării, acestea se aglomerează,

Scanned with OKEN Scanner

formînd o masă compactă (după uscare) care cere cheltuieli suplimentare pentru măcinare în vederea aplicării pe teren. În industrie se folosesc diverse adaosuri în îngrăşămînt pentru evitarea aglomerării. Astfel, granulele de îngrăşăminte complexe se stropesc cu Deroplast (alchil-aril-sulfonat de sodiu) şi se pudrează cu diatomit sau vicamit, iar cele de uree se condiţionează prin stropire cu formaldehidă etc.

Granulometria are importanţă în legătură cu aplicarea îngrăşămintelor pe teren şi valorificarea substanţei active de către plante. Sub formă de pulbere, unele îngrăşăminte (superfosfatul, zgura lui Thomas) sînt uşor antrenate de vînt cînd sînt aplicate pe teren cu maşini centrifugale. De aceea, cele mai multe dintre ele se granulează înainte de livrare. Pe această cale se măreşte coeficientul de valorificare a substanţei active de către plante, fosfatul monocalcic din granulele de superfosfat trecînd mai lent în compuşi greu accesibili plantei. Totodată devine posibilă aplicarea îngrăşămîntului în sol, pe rîndurile de plante, concomitent cu însămînţarea sau prăşitul, folosind în acest scop fertilizatoarele speciale. Toate îngrăşămintele simple cu azot şi cele complexe se livrează sub formă granulată.

Influenţa îngrăşămintelor asupra reacţiei solului se explică prin faptul că anionii şi cationii, pe care acestea îi conţin, intervin în schimbarea echilibrului activităţii ionilor de hidrogen şi hidroxil din soluţia solului. Fenomenul depinde de felul îngrăşămîntului şi de utilizarea lui sistematică. Dintr-un îngrăşămînt aplicat solului, plantele consumă cantităţi diferite din anionii şi cationii acestuia. Astfel, la aplicarea sulfatului de amoniu, plantele folosesc în măsură mai mare cationul NH_4^+ comparativ cu anionul SO_4^{2-}, deoarece raportul N:S din organismele vegetale este aproximativ de 10 : 1. Anionul rămas în soluţia solului contribuie la creşterea acidităţii actuale a solului dacă formează H_2SO_4. Pe de altă parte, toate îngrăşămintele cu azot amoniacal sau amidic suferă procesul de nitrificare, în urma căruia aciditatea soluţiei solului creşte conform schemei:

$$NH_4^+ + 2O_2 \longrightarrow 2H^+ + NO_3^- + H_2O$$

Din reacţie rezultă că oxidarea biochimică a fiecărui ion de amoniu dă naştere la 2 protoni (ioni H^+) care măresc aciditatea actuală şi cea potenţială a solului prin schimb de cationi. Unii anioni din îngrăşăminte (Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-) formează săruri solubile cu cationii bazici din soluţia solului sau cu cei reţinuţi la coloizii solului, contribuind la debazificarea acestuia. Drept urmare, se manifestă tendinţa de creştere a acidităţii solului.

Capacitatea *potenţială* de creştere a acidităţii solului prin aplicarea îngrăşămintelor chimice este mare în cazul clorurii de amoniu, sulfatului de amoniu şi azotatului de amoniu, este moderată în cazul sărurilor cu potasiu şi relativ scăzută în cazul celor cu fosfor.

Ţinînd cont că din reacţia de mai sus rezultă 2 protoni după nitrificarea biochimică a fiecărui cation NH_4^+, se poate stabili, prin calcul, puterea de acidifiere a fiecărui îngrăşămînt şi, respectiv, corespondentul în $CaCO_3$ pentru neutralizarea acidităţii (Hera şi Borlan, 1980). Valorile teoretic calculate (tabelul 5.2) nu pot fi considerate acceptabile din motive practice evidente: cea mai mare parte din azotul introdus în sol sub formă amoniacală sau nitrică este consumat de către plante (între 50—75% din ceea ce s-a aplicat solului, după Turcin), un procent important suferă procesul de nitrificare (10—35%), o parte din acesta este încorporat în plasma microorganismelor (5—25%), o altă parte din

Tabelul 5.2

Echivalentul în $CaCO_3$ pentru neutralizarea acidităţii potenţiale a 100 kg substanţă fizică din cîteva îngrăşăminte chimice

$CaCO_3$, (kg)	Îngrăşămîntul
188	Clorura de amoniu
151	Sulfatul de amoniu
125	Azotatul de amoniu
85	$(NH_4)_2HPO_4$
60	$NH_4H_2PO_4$
25	$(NH_2)_2CO_3$

Scanned with OKEN Scanner

azotul amoniacal este fixat în forme neschimbabile în sol etc., așa încît un procent scăzut din totalul azotului introdus în sol ca îngrășămînt poate participa la procese de debazificare și de creștere a acidității potențiale a solului. Cu toate acestea, prin folosirea anuală a îngrășămintelor chimice cu azot, pot să apară la un moment dat modificări evidente în procesul de debazificare a solului și de creștere a mobilității hidroxizilor de Al, Fe și Mn, cu consecințe nefavorabile asupra creșterii plantelor, mai ales în anii secetoși (L i x a n d r u și colab., 1976; R e i c h b u c h și colab., 1983 etc.). De aceea, folosirea periodică a amendamentelor sau îngrășămintelor de tipul nitrocalcarului, pe soluri cu grad scăzut de saturație cu baze, tamponează apariția unor asemenea fenomene nedorite.

Producția și consumul de îngrășăminte chimice. S-a arătat mai înainte că primele fabrici de îngrășăminte realizate în secolul trecut, în Marea Britanie, Germania și apoi în alte țări, au produs îngrășăminte cu fosfor. Din acest motiv, o bună perioadă de timp, în sortimentul general al îngrășămintelor, cele cu fosfor au avut un rol preponderent. După ce chimistul german Dr. F r i t z H a b e r (om de știință, premiul Nobel în 1918), completat, ceva mai tîrziu, de K a r l B o s c h (un mare tehnolog, premiul Nobel în anul 1931), care a pus la punct un procedeu industrial de obținere a amoniacului utilizînd N_2 din atmosferă, a început să se dezvolte producția îngrășămintelor chimice cu azot. Pînă în anul 1960/1961, raportul N : P_2O_5 : K_2O din producția mondială a îngrășămintelor a fost în favoarea fosforului. După acest an s-a acordat tot mai multă atenție obținerii îngrășămintelor cu azot care, în ultimele decenii, au ocupat un loc primordial. Producția mondială, începînd din 1950/51, s-a dublat la fiecare 10 ani. Ritmul mediu de creștere anuală a producției în perioada 1976—1980 a fost aproximativ de 4,6—6,8%.

În anul 1984/85 raportul N : P_2O_5 : K_2O în producția mondială a fost 1 : 0,49 : 0,37, în timp ce în 1950 acest raport era 1 : 1,54 : 1,10. Aceasta înseamnă că, în 1984/85, 53,4% din totalul îngrășămintelor au fost cu azot, 26,3% cu fosfor, iar restul de 20,3% cu potasiu. Cele mai mari producătoare sînt țările din Europa, urmate de cele din America de Nord și America Centrală. Potrivit prognozei efectuate de specialiștii FAO, se apreciază că în anul 2000 producția mondială de îngrășăminte va ajunge la 220,25 mil. t N + P_2O_5 + K_2O, deși aceasta nu satisface integral nevoile agriculturii. Cu tot ritmul accentuat de creștere a producției de îngrășăminte în țările în curs de dezvoltare, folosirea lor în aceste zone va rămîne, totuși, mult sub necesități (tabelul 5.3).

Tabelul 5.3

Consumul de îngrășăminte pe zone geografice (mil. t N, P_2O_5, K_2O, după FAO)

Zona geografică	1951—55	1961—65	1971—75	1985	2000*
Țări industrializate [1]	13,675	25,075	39,900	57,150	84,000
Țări cu economie planificată [2]	3,525	9,100	28,125	49,250	77,500
Țări în curs de dezvoltare [3]	1,075	3,675	11,925	28,500	58,750
Mondial	18,275	37,800	79,950	134,900	220,250

[1] SUA; Europa de Vest; Japonia; Alte țări principal exportatoare;
[2] URSS; Țări socialiste din Europa de Est; China;
[3] Africa de Nord și de Est; Asia de Sud și Sud-Est; Alte țări africane puțin dezvoltate.
* Calculele sînt făcute în alternativa că ritmul mediu de creștere a populației și a venitului mediu pe locuitor va fi de 1,8% și, respectiv, 1,5% pînă în anul 2000.

În țara noastră, producția și consumul de îngrășăminte a crescut vertiginos în ultimii 30 de ani.

Combinatele de îngrășăminte chimice sînt distribuite rațional pe teritoriul țării: Craiova, Turnu Măgurele, Arad, Slobozia, Făgăraș, Tîrgu Mureș, Piatra Neamț,

Scanned with OKEN Scanner

Bacău, Valea Călugărească, Năvodari. S-a pus accent pe creşterea conţinutului de substanţă activă din îngrăşăminte şi pe diversificarea sortimentului.

Consumul de îngrăşăminte al unei ţări reflectă nivelul dezvoltării agriculturii sale. El poate fi exprimat în kg substanţă activă pe hectar sau în kg s.a./locuitor. Există ţări (Noua Zeelandă, Olanda, Irlanda etc.) în care consumul pe hectarul de teren agricol depăşeşte mult nevoile recoltelor, în timp ce în altele consumul este nesatisfăcător. Se remarcă o strînsă corelaţie între nivelul recoltelor medii de grîu şi porumb realizate în diverse ţări şi consumul de substanţă activă din îngrăşăminte (fig. 5.2). Un consum general cuprins între 300—400 kg s.a./ha de teren arabil satisface cerinţele soiurilor de grîu şi a hibrizilor de porumb de mare productivitate aflaţi în cultură. Totul depinde şi de zona fitogeografică.

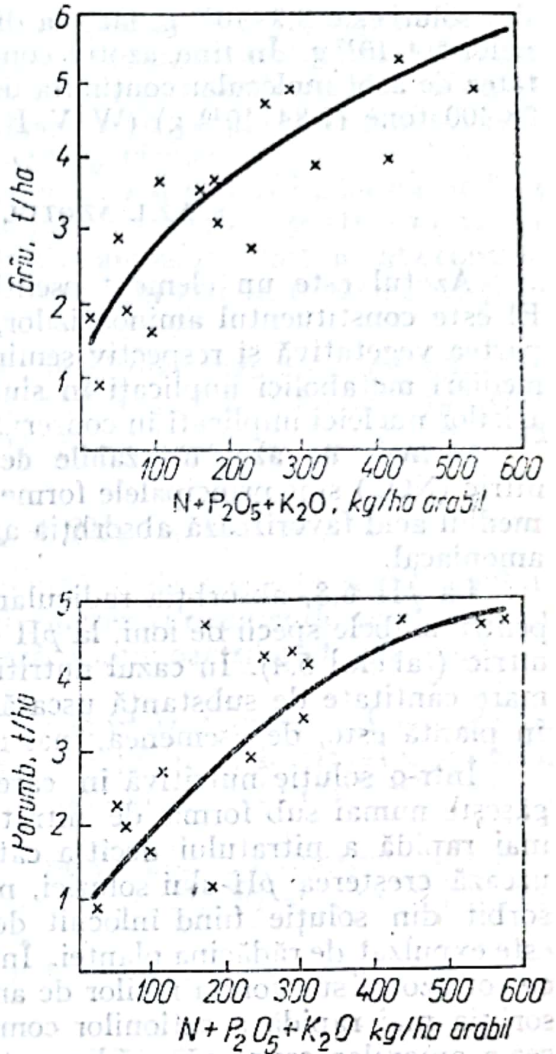


Fig. 5.2. Nivelul producţiei la grîu şi porumb în funcţie de consumul de îngrăşăminte chimice (anul 1983, după FAO).

Consumul de îngrăşăminte pe locuitor oferă o imagine mai puţin concludentă asupra satisfacerii nevoilor agriculturii unei ţări. Sînt ţări puternic industrializate, cu puţin teren arabil, care obţin producţii superioare pe unitatea de suprafaţă, deşi consumul de îngrăşăminte pe locuitor pare scăzut (Japonia, Olanda, Belgia, Elveţia), la altele, consumul de îngrăşăminte pe locuitor pare ridicat, dar producţiile realizate la hectar sînt la niveluri inferioare, datorită nesatisfacerii necesarului de substanţă activă. În ţări industrializate cu procent scăzut de populaţie activă în agricultură (2,7% în SUA; 2,2% în Marea Britanie; 4,3% în R.F.Germania; 4,3% în Olanda, după date FAO 1986), revin pe o persoană din această ramură a producţiei între 1 100—4 700 kg s.a., iar în alte ţări cu procent ridicat de populaţie activă în agricultură revin 100—300 kg $N + P_2O_5 + K_2O$/locuitor agricol.

Teste recapitulative

5.1.1. Clasificaţi îngrăşămintele şi arătaţi criteriile de apreciere a calităţii lor.

5.1.2. Arătaţi perspectiva dezvoltării consumului de îngrăşăminte în agricultura intensivă din ţara noastră şi din alte ţări.

5.2. AGROCHIMIA AZOTULUI

Azotul este elementul de cea mai mare importanţă în nutriţia plantelor, fiind factorul hotărîtor în sporirea producţiei culturilor agricole.

Cantitatea cea mai importantă de azot de pe planetă este deţinută de rocile primare (97,82% din total), respectiv $1{,}93 \cdot 10^{23}$ g, fiind de 50 de ori mai mare decît cantitatea de azot conţinută de către atmosferă ($3{,}86 \cdot 10^{21}$ g). În rocile sedimentare cantitatea de azot este de $4{,}0 \cdot 10^{20}$ g. Cantitatea de azot conţinută în humusul

Scanned with OKEN Scanner

din soluri este $8{,}2 \cdot 10^{17}$ g, iar cea din materia organică din fundul mărilor şi oceanelor $5{,}4 \cdot 10^{17}$ g. În fine, azotul conţinut în organismele vii este $2{,}8.10^{16}$ g. Cantitatea de azot molecular conţinută de atmosferă deasupra unui hectar este de circa 78 400 tone ($7{,}84 \cdot 10^{10}$ g) (W. V. Bartholomew, 1965).

5.2.1. AZOTUL ÎN VIAŢA PLANTELOR

Azotul este un element esenţial pentru creşterea şi dezvoltarea plantelor. El este constituentul aminoacizilor, al proteinelor de structură şi de rezervă din partea vegetativă şi respectiv seminţe, al enzimelor şi coenzimelor, al unor intermediari metabolici implicaţi în sinteză şi în transferul de energie, precum şi al acizilor nucleici implicaţi în conservarea şi transmiterea informaţiei genetice.

Formele de azot utilizabile de către plante. Azotul amoniacal (NH_4^+) şi cel nitric (NO_3^-) sînt principalele forme utilizate de plante. În general se consideră că mediul acid favorizează absorbţia azotului nitric, iar cel alcalin absorbţia azotului amoniacal.

La *p*H 6,8, absorbţia radiculară se produce în proporţii egale sau apropiate pentru ambele specii de ioni, la *p*H 4,0 avînd loc absorbţia preferenţială a azotului nitric (tabelul 5.4). În cazul nutriţiei mixte ($NH_4^+ + NO_3^-$) se formează cea mai mare cantitate de substanţă uscată (fig. 5.3), iar ritmul de acumulare a azotului în plantă este, de asemenea, mai ridicat.

Într-o soluţie nutritivă în care azotul se găseşte numai sub formă de nitrat, absorbţia mai rapidă a nitratului decît a cationilor cauzează creşterea *p*H-ului soluţiei, nitratul absorbit din soluţie fiind înlocuit de HCO_3^- ce este expulzat de rădăcina plantei. Într-o soluţie cu tot azotul sub forma ionilor de amoniu, absorbţia mai rapidă a cationilor comparativ cu cea a anionilor cauzează scăderea *p*H-ului soluţiei solului, amoniul absorbit fiind înlocuit prin eliberarea de către plantă a ionilor de H^+. Asemenea efecte asupra schimbărilor de *p*H se manifestă şi în sol, ele fiind însoţite de modificări datorate nitrificării, dar sînt puţin evidente din cauza capacităţii de tamponare a solurilor.

Tabelul 5.4

Absorbţia NO_3^- şi NH_4^+ în plantele tinere de orz în funcţie de *p*H-ul mediului nutritiv (după Michael şi colab.)

*p*H	NH_4^+	NO_3^-
	mg N/vas	
6,8	34,9	33,6
4,0	26,9	43,0

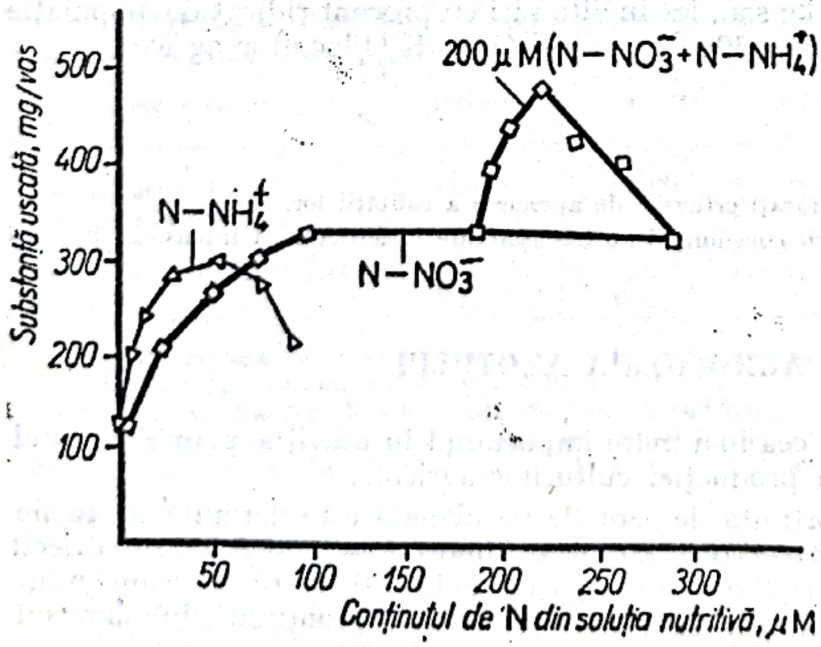


Fig. 5.3. Efectul formelor de $N-NO_3^-$ şi $N-NH_4^+$ şi a concentraţiei lor în soluţia nutritivă asupra producţiei de masă vegetală uscată la grîu (după Cox şi Reisenauer, 1973).

Scanned with OKEN Scanner

Absorbția NH_4^+ este influențată de conținutul glucidelor din plante. Nivelul ridicat al glucidelor favorizează absorbția NH_4^+ prin furnizarea către rădăcină a compușilor organici cu carbon necesari asimilării NH_3 ca aminoacizi. Culturile agricole folosesc azotul în special ca NO_3^-, deoarece ionii de amoniu din sol sînt relativ repede oxidați la NO_3^- prin acțiunea microorganismelor.

Pentru sinteza aminoacizilor, plantele folosesc numai azotul în formă redusă (NH_4^+). Nitrații și nitriții nu pot intra în reacție cu cetoacizii pentru formarea aminoacizilor corespunzători înainte de a fi reduși la amoniac. Dacă planta conține suficiente glucide, nitrații sînt reduși la ioni de amoniu atît în rădăcini cît și în frunze.

Procesul de reducere are loc în două etape: în citoplasmă, unde nitrații sînt reduși la nitriți, și în cloroplaste, unde nitriții sînt reduși la amoniac. În acest proces sînt implicate două enzime: *nitratreductaza* și *nitritreductaza*. Reacția globală de reducere este:

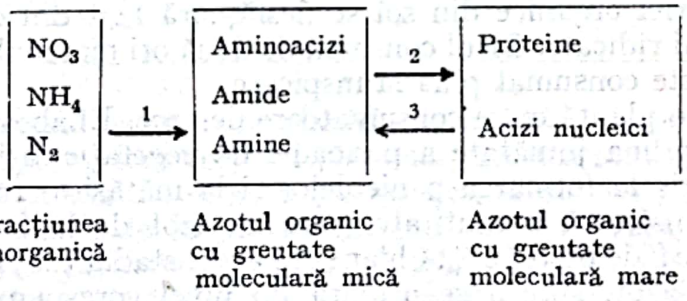
$$NO_3^- + 9H^+ + 8e^- \longrightarrow NH_4^+ + 2H_2O + OH^-$$

Reducerea nitraților este influențată de lumină și de prezența molibdenului, primul factor fiind legat de furnizarea electronilor necesari reacției de reducere, iar cel de al doilea de catalizarea reacției de sinteză a aminoacizilor. Lipsa molibdenului duce la acumularea nitraților în plantă.

Organul în care are loc reducerea azotului nitric în azot amoniacal depinde de specie, existînd plante ce realizează acest proces îndeosebi în rădăcini: grîu, porumb, pomi fructiferi, leguminoase și plante ce reduc nitrații în special în frunze: tomate, tutun, castraveți, cartofi.

Includerea azotului amoniacal în aminoacizi prin aminare reductivă și transaminare are loc cu participarea unui furnizor de energie (ATP) și a unor enzime specifice.

Transformarea azotului în plantă cunoaște trei etape, care sînt ilustrate în schema de mai jos:



Prima etapă constă în legarea azotului anorganic în substanțe organice cu greutate moleculară mică. La plantele superioare această etapă este ireversibilă, adică azotul anorganic (NO_3^-, NH_4^+), o dată transformat în aminoacizi, amine și amide, rămîne sub această formă, fără a reveni la forma anorganică.

În etapa următoare are loc sinteza substanțelor organice cu greutate moleculară mare, care sînt proteinele și acizii nucleici.

În cea de-a treia etapă poate avea loc descompunerea macromoleculelor cu azot sub acțiunea enzimelor hidrolaze, structurile elementare rezultate putînd fi din nou reutilizate.

Procesul descompunerii proteinelor citoplasmatice din frunze a fost pus în evidență de către Mac Vickery (1939) și Hevesy (1940), folosind în acest scop îngrășămînt conținînd izotopul ^{15}N aplicat la tomate și floarea-soarelui. S-a stabilit astfel că, în decurs de 12 zile, 12% din proteina frunzelor de floarea-soarelui a fost descompusă și resintetizată.

Excesul de azot din sol mărește conținutul de azot neproteic din plante. Semințele conțin cantități scăzute de compuși cu azot neproteic (NH_4^+, NO_3^-, amine

Scanned with OKEN Scanner

și amide). Aceștia se găsesc în proporție mai ridicată în tuberculii de cartof și în rădăcinile de sfeclă. Combinațiile cu azot neproteic din tuberculii de cartof sînt în aceeași proporție cu proteinele; prin aplicarea excesivă a îngrășămintelor cu azot ele pot depăși conținutul proteinelor. În rădăcinile sfeclei de zahăr sau furajeră, conținutul de azot neproteic este, de asemenea, aproximativ egal cu cel al proteinei.

Paralel cu sinteza proteinelor, în plante are loc și un proces de descompunere a acestora pînă la aminoacizi și amoniac. Proteinele citoplasmatice din frunze sînt permanent descompuse și resintetizate.

Hidroliza proteinelor este catalizată de proteaze. În plantele tinere sinteza proteinelor este mai intensă decît descompunerea, iar în cele mature fenomenul are loc invers. Ciclul de sinteză a substanței organice azotate în plante începe cu amoniacul, iar descompunerea se încheie cu formarea lui.

Necesarul de azot la principalele plante de cultură. Asimilarea azotului de către plante are loc în decursul întregii perioade de vegetație, cu intensități diferite în funcție de faza de creștere și dezvoltare.

La germinarea semințelor, substanțele proteice de rezervă se descompun pînă la aminoacizi. Prin oxidarea acestora în organitele active ale coleoptilului se ajunge la amoniac, care este folosit din nou la sinteza aminoacizilor, a amidelor, proteinelor și a altor compuși cu azot, caracteristici organismului vegetal. Mai tîrziu, pe măsura formării rădăcinilor și intensificării asimilației clorofiliene, sinteza proteinei se face pe seama azotului absorbit din mediul extern.

În prima perioadă de creștere, plantele folosesc cantități relativ scăzute de azot. Cele mai mari cantități sînt folosite în perioada de maximă creștere și în aceea a formării organelor vegetative, a tulpinilor și frunzelor.

Speciile de plante au nevoie de cantități diferite de azot. *Culturile de toamnă* (grîu, orz etc.) au nevoie de îngrășăminte cu azot înainte de însămînțare. La cerealele de toamnă se practică și fertilizarea suplimentară primăvara timpuriu. Eficiența unei asemenea fertilizări se explică prin aceea că, după trecerea iernii plantele sînt slăbite, începe creșterea lor și o intensă utilizare a azotului, în timp ce mineralizarea materiei organice din sol se desfășoară lent din cauza temperaturii scăzute și a umezelii ridicate. Grîul consumă de două ori mai mult azot decît fosfor, iar 70% din azot este consumat pînă la înspicare.

Porumbul este o plantă mare consumatoare de azot. El absoarbe cea mai mare parte din azot în prima jumătate a perioadei de vegetație, atingînd intensitatea maximă de absorbție la formarea paniculelor și la mătăsire. În timpul maturării semințelor este transferată o cantitate mare de azot de la frunze spre semințe, care la porumb poate fi de peste 70%. Chiar și în acest stadiu este importantă o aprovizionare bună cu azot, spre a se asigura un nivel corespunzător al azotului în frunze, în vederea continuării activității fotosintetice. O aprovizionare bună cu azot la sfîrșitul perioadei de creștere mărește conținutul de proteină al semințelor.

Nevoia de azot la *sorgul pentru boabe* este ceva mai mică decît a porumbului datorită sistemului radicular mai extins și raportului boabe: masă vegetativă mai scăzut.

Leguminoasele folosesc azotul molecular din aer cu ajutorul bacteriilor simbiotice. La începutul creșterii, cînd bacteriile din nodozități nu sînt suficient dezvoltate, leguminoasele au nevoie de o sursă de azot din sol. De aceea, mai ales cele cultivate pentru boabe, reacționează pozitiv la doze mici de îngrășăminte cu azot.

Soia consumă mai mult azot decît grîul, porumbul și chiar decît celelalte leguminoase. Aceasta se explică prin faptul că plantele de soia sintetizează o cantitate mare de substanțe proteice. Astfel cantitatea totală de azot conținută în partea aeriană la o cultură matură de soia poate atinge în mod curent între 250—350 kgN/ha.

Sfecla de zahăr, în perioada de germinare a semințelor are nevoie de o cantitate scăzută de azot. Cînd planta și-a dezvoltat rădăcinile și frunzele, nevoia de azot crește. În perioada de acumulare a zahărului, nevoia de azot scade. Dacă se face

Scanned with OKEN Scanner

fertilizarea suplimentară prea tirziu, se acumulează în rădăcini azot neproteic, care micşorează conţinutul de zaharoză, întîrzie vegetaţia şi influenţează negativ extracţia zahărului din rădăcini.

Cartoful asimilează intens substanţele nutritive după începerea înfloririi. Cînd frunzele şi tulpinile s-au dezvoltat suficient, începe creşterea tuberculilor, astfel încît aplicarea îngrăşămintelor cu azot sporeşte considerabil recolta. În stadiile tîrzii de dezvoltare, excesul azotului accesibil intensifică creşterea vegetativă în dauna creşterii tuberculilor. Totodată are loc creşterea concentraţiei de aminoacizi şi amide ce nu au ajuns la formarea de proteină.

Pomii fructiferi şi viţa de vie au nevoie de cantităţi moderate de îngrăşăminte cu azot.

Cantitatea de azot extras cu recolta depinde de specie, soi şi volumul recoltei (tabelul 5.5).

Tabelul 5.5

Cantitatea de azot extrasă o dată cu recolta

Specia	Producţia principală şi secundară	Recolta (kg/ha)	Azot extras cu recolta (kg/ha)
GRÎU	Boabe Paie	4 800 7 200	132 34
PORUMB	Coceni Boabe	15 000 9 450	135 172
SFECLĂ DE ZAHĂR	Rădăcini Frunze	45 000 30 000	110 125
CARTOF	Tuberculi	40 000	135
SOIA		3 400	210
VARZĂ		50 000	150
LUCERNĂ	Fîn	10 000	280

Carenţa şi excesul azotului la plantele de cultură. *Insuficienţa de azot* are ca efect încetinirea sau oprirea creşterii plantelor, acestea rămîn mici, cu tulpini subţiri, frunzele cad prematur, se grăbeşte maturarea plantelor.

La porumb frunzele devin galbene începînd de la nervura mediană, apoi culoarea se extinde spre periferia frunzelor. Zonele depărtate de nervura mediană îşi pot menţine culoarea verde-deschis. Fenomenul începe cu frunzele mai în vîrstă de la baza plantei, substanţele cu azot fiind transferate în organele tinere de creştere, ceea ce conduce la necroza prematură a frunzelor mai bătrîne.

La grîu, simptomele insuficienţei azotului sînt: înfrăţirea slabă, culoarea verde-palid a frunzelor, frunzele nou apărute sînt mai mici decît cele precedente, tulpinile scurte şi subţiri, spicul mic şi cu boabe şiştave.

La cartof se manifestă o slabă creştere a tulpinilor şi frunzelor care rămîn mici, de culoare verde-palid ce trece treptat în galben, cele bătrîne cad de timpuriu.

La varză, insuficienţa azotului duce la încetinirea creşterii, se formează frunze mărunte, de culoare verde-deschis.

Excesul de azot prelungeşte perioada de vegetaţie a plantelor, face ca frunzele să fie bine dezvoltate şi de culoare verde-închis. Se acumulează nitraţi în anumite organe ale plantei.

La grîu, excesul de azot provoacă o înfrăţire puternică, scade rezistenţa la cădere, la ger, la boli şi la dăunători. La cereale creşte raportul paie/boabe.

Cele mai frecvente insuficienţe de azot se observă pe solurile podzolice şi pe cele nisipoase.

Scanned with OKEN Scanner

Cînd nutriția plantelor cu azot se face normal se intensifică sinteza substanțelor proteice. Plantele formează tulpini și frunze puternice de culoare verde intens, cresc repede și înfrățesc, se îmbunătățește formarea și dezvoltarea organelor de reproducere. Sporește recolta și calitatea acesteia.

O nutriție echilibrată cu azot și alte elemente nutritive duce la creșterea suprafeței foliare, sporește activitatea fotosintetică. Dimpotrivă, insuficiența de azot micșorează numărul frunzelor și suprafața foliară, scade conținutul de clorofilă. Fiecare frunză necrozată afectează sensibil activitatea fotosintetică, ducînd la scăderea conținutului de glucide. Aceasta determină micșorarea capacității de absorbție a elementelor nutritive din sol.

În țara noastră, deficiențe latente de azot fără manifestări vizuale se întîlnesc la majoritatea culturilor. Deficiența acută de azot, cu evidente simptome, se întîlnește pe solurile sărace în azot, cum sînt psamosolurile, solurile erodate, solurile aluviale cu textură grosieră, solurile decopertate, dar și pe alte soluri asigurate normal cu azot, dacă există condiții favorizante (V i n t i l ă și colab., 1980).

Dozele mari și neuniforme de îngrășăminte cu azot, aplicate de regulă primăvara, influențează negativ sistemul radicular al plantelor prin creșterea presiunii osmotice a soluției solului, mai ales în condiții de secetă. În regiuni cu soluri acide are loc o solubilizare a aluminiului și manganului din sol în cantități toxice pentru culturi. Totodată se tulbură metabolismul azotului, în plante acumulîndu-se forme neproteice.

La floarea-soarelui, porumb, sfeclă și alte culturi, excesul de azot pe soluri cu reacție acidă sau neutră induce carențe secundare de molibden, element care e cu atît mai puțin accesibil plantelor cu cît *p*H-ul scade.

Insuficiența și excesul de azot pot fi prevenite prin aplicarea corectă a îngrășămintelor, la timp și uniform, prin combaterea buruienilor și înlăturarea excesului de umiditate.

Un factor important în evitarea carențelor de azot, ca urmare a levigării pe solurile cu textură ușoară, îl joacă fracționarea în mai multe etape a aplicării dozei totale de azot și aplicarea unor norme moderate de apă de irigare.

5.2.2. AZOTUL ÎN SOL

Rezerva și formele de azot din sol. Azotul se găsește în sol sub formă de combinații organice și anorganice. Conținutul total de azot poate ajunge la 0,5% N, cu valori frecvente cuprinse între 0,1 și 0,3% N. Aproximativ 68% din solurile țării noastre conțin cantități satisfăcătoare de azot total, asigurînd în bună parte necesarul nutriției plantelor prin mineralizarea humusului. Stratul arat (0—20 cm) conține între 0,02 și 0,35% N, în orizonturile următoare conținutul scade, iar la 2—3 m adîncime se găsește doar ca urme (fig. 5.4). Cantitatea totală de N pe adîncimea de 1 m, în raport cu tipul de sol, variază între 9 t/ha (luvisol albic) și 30 t/ha (cernoziom cambic).

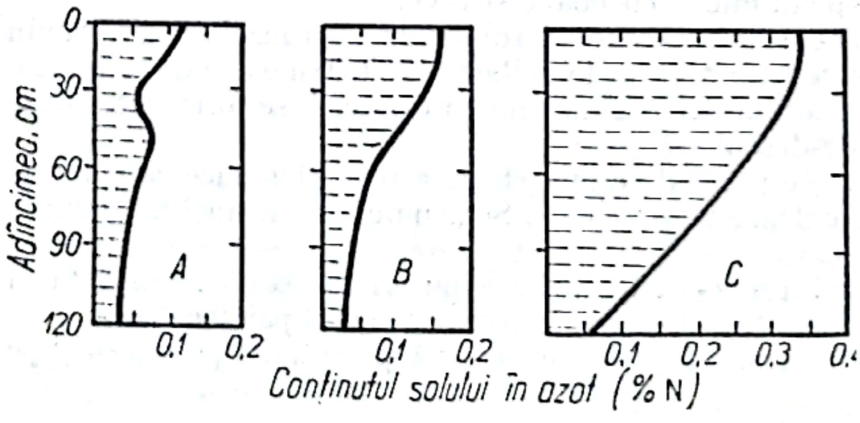


Fig. 5.4. Distribuția azotului pe profilul cîtorva tipuri de sol:
A — luvisol albic pseudogleic; *B* — brun argilo-iluvial; *C* — cernoziom (C a l a n c e a, 1977).

Scanned with OKEN Scanner

Raportul C/N din sol este cuprins între 10 și 15, valori mai ridicate, uneori peste 26, întîlnindu-se la solurile din regiunile umede, iar mai scăzute la solurile din regiuni uscate.

Limitele de interpretare a stării de aprovizionare a solurilor cu azot la culturile de cîmp și la cele intensive (legume, pomi și viță de vie) sînt prezentate în tabelul 5.6.

Tabelul 5.6

Limitele de interpretare a stării de aprovizionare a solurilor cu azot

Starea de aprovizionare	Culturi de cîmp		Culturi intensive de legume, pomi și viță de vie	
	Azot total (%)	Azot nitric (NO_3^-) și amoniacal (NH_4^+) (ppm)	Azot total (%)	Azot nitric (NO_3^-) și amoniacal (NH_4^+) (ppm)
Scăzută	<0,10	<20	<0,15	<40
Mijlocie	0,11—0,15	21—40	0,16—0,25	41—70
Normală	0,16—0,20	41—60	0,26—0,35	71—100
Ridicată	0,21—0,30	61—100	0,36—0,45	101—130
Foarte ridicată, exces	>0,31	>101	>0,46	>131

La nivelul actual de fertilizare a solurilor agricole din țara noastră, recoltele se realizează pe seama unui consum anual însemnat de azot din rezerva solurilor, care depășește ritmul de refacere a stocului de azot organic prin procese pedogenetice (Răuță, 1984).

După desțelenirea preeriilor din SUA, conținutul în azot organic din stratul arat a scăzut cu aproape 50%. În România, luarea în cultură a terenurilor din diverse regiuni a dus la scăderea cu peste 50% a rezervei inițiale de N total sau humus (Vintilă, 1984).

Formele minerale sînt reprezentate de azotul amoniacal (NH_4^+), azotul nitric (NO^-) și azotul nitros (NO_2^-). Azotul amoniacal se găsește în formă schimbabilă și în formă neschimbabilă. Forma schimbabilă și cea solubilă în soluția solului, fracțiune ce este accesibilă plantelor, este în cantități sub 10 ppm $N—NH_4$, excepție făcînd perioadele administrării îngrășămintelor cu amoniu.

Conținutul de nitrați în stratul arabil are valori sub 20 ppm în solurile nefertilizate, 20—40 în cele fertilizate și chiar peste 60 ppm $N—NO_3^-$ în solurile folosite în horticultură. Modificări însemnate se produc datorită practicilor culturale și condițiilor climatice.

Nitriții se întîlnesc în cantități mici și numai în solurile alcaline și calcaroase, persistența lor fiind favorizată de temperaturile joase, pH-ul ridicat și prezența unor concentrații ridicate de azot amoniacal. Conținutul ridicat de NO_2^- în sol este toxic pentru plante.

Transformări biochimice suferite de azotul din sol. Descompunerea substanței organice sub acțiunea microorganismelor din sol cu eliberarea ionilor de amoniu este numită *mineralizarea azotului*. Mineralizarea are loc dacă azotul din materia organică supusă descompunerii depășește nevoile proprii ale microorganismelor. Dacă substanța supusă descompunerii nu conține suficient azot pentru a satisface nevoile microorganismelor, acestea utilizează azotul anorganic prezent în sol, pe care-l convertesc în proteine celulare și alți compuși cu azot. Acest proces este numit *imobilizare*.

Capacitatea solului de a furniza plantelor forme minerale de azot depinde într-un grad ridicat de raportul dintre ritmul de mineralizare și cel de imobilizare.

Scanned with OKEN Scanner

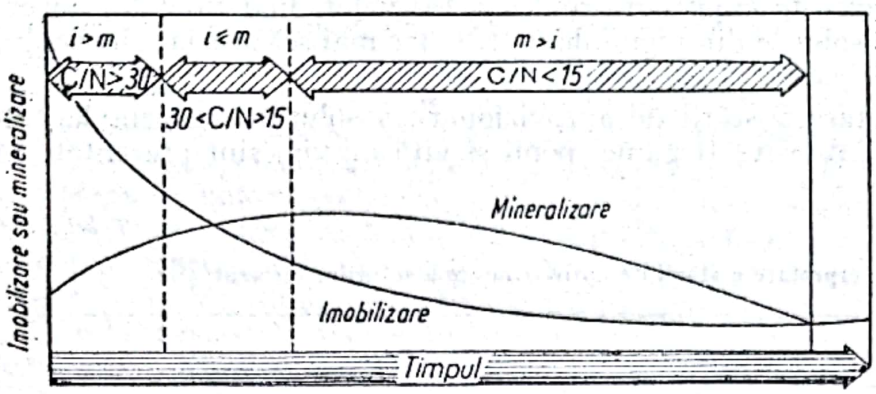


Fig. 5.5. Modificarea raportului C/N în cursul descompunerii resturilor vegetale (după **(Broadbent, 1957)**:
i — imobilizarea azotului; *m* — mineralizarea N din compuși organici.

Pentru ca azotul să devină accesibil plantelor, mineralizarea trebuie să depășească imobilizarea.

Aceste transformări pot fi reprezentate schematic astfel:

$$\text{N organic din sol} \underset{\text{imobilizare}}{\overset{\text{mineralizare}}{\rightleftharpoons}} NH_4^+ \underset{\text{reducere nitrică și imobilizare}}{\overset{\text{nitrificare}}{\rightleftharpoons}} NO_3^-$$

În sol, cele două procese au loc simultan, cu viteze ce se pot schimba în permanență în funcție de condițiile de mediu și de lucrările solului. În timpul descompunerii resturilor vegetale, raportul C/N descrește continuu datorită pierderilor de CO_2. Pînă la realizarea raportului C/N = 20, are loc reciclarea completă a azotului rezultat din descompunerea resturilor organice și un consum suplimentar de azot mineral din rezerva solului. După realizarea acestui raport, azotul rezultat din mineralizare depășește nevoile microorganismelor, devenind astfel accesibil plantelor (fig. 5.5). Imobilizarea azotului mineral în forme organice are importanță practică. Pe această cale se evită pierderile de azot prin volatilizare, denitrificare și mai ales prin levigare.

a. *Mineralizarea*

Materia organică a solului conține azot în primul rînd sub formă aminică. Una din etapele mineralizării azotului organic din sol constă în scindarea enzimatică a macromoleculelor proteice (proteoliză), în compuși mai simpli: peptone, peptide, aminoacizi; convertizarea azotului aminic la NH_3 este numită amonificare. Procesul poate fi reprezentat schematic astfel:

(1) proteine $\longrightarrow$ $R - NH_2 + CO_2 +$ energie + produși adiționali;

(2) $R - NH_2 + H_2O \longrightarrow NH_3 + R - OH +$ energie.

Amoniacul astfel eliberat poate fi transformat în nitrați și nitriți prin procesul de nitrificare; poate fi absorbit de plantele superioare; poate fi consumat de organismele heterotrofe; poate fi fixat într-o formă inaccesibilă plantelor în rețeaua mineralelor argiloase, sau reținut pe suprafața complexului adsorbtiv al solului într-o formă schimbabilă.

Viteza de mineralizare a materiei organice este influențată de însușirile solului și factorii climatici.

b. *Nitrificarea*

Oxidarea microbiologică a amoniului din sol cu formarea de NO_3^- este numită *nitrificare*. Procesul se desfășoară în două trepte: se formează mai întîi NO_2^- și mai departe acesta este oxidat la NO_3^-. Două grupe de bacterii specializate sînt implicate

în acest proces. Conversia NH_4^+ la NO_2^- este produsă de bacterii din genul *Nitrosomonas*, în timp ce oxidarea NO_2^- la NO_3^- este produsă de bacterii din genul *Nitrobacter*. Ambele grupe sînt aerobe și preferă *p*H neutru sau ușor acid.

Cele două faze de oxidare de la NH_4^+ la NO_3^- au loc în felul următor:

$$2NH_4^+ + 3O_2^- \longrightarrow 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ \quad \Delta C = -168 \text{ Kcal}$$

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^- \quad \Delta C = -38 \text{ Kcal}$$

Nitrificarea este însoțită de eliberarea de H^+, care produce acidifierea soluției solului. Reacția optimă pentru nitrificare este la *p*H 7,5—8,7.

Nitrificarea este influențată de temperatură într-un mod similar altor procese biologice. Peste 40°C, ritmul nitrificării scade rapid. Temperatura optimă este între 30—35°C.

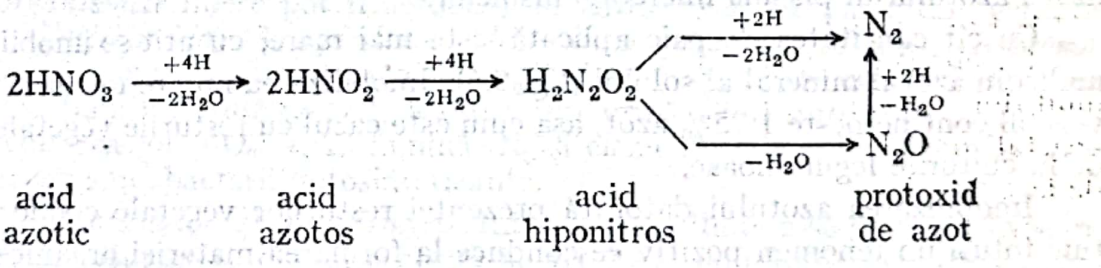
Bacteriile nitrificatoare sînt aerobe, activitatea lor fiind mai rapidă în stratul superior de sol, ce conține mai mult oxigen.

În condiții optime de temperatură, umiditate și *p*H, întreaga cantitate de NH_4^+ se nitrifică în 12—14 zile. T y l e r și colab. (1959) arată că 90% din NH_4^+ aplicat ca îngrășămînt în doză de 100 kg N/ha se nitrifică în 8 zile la 24°C și în 32 zile la 7°C.

Peste 90% din azotul total al solului este sub formă organică, din acesta mineralizîndu-se anual între 0,5—3%, ceea ce înseamnă 20—60 kg N/ha, an.

c. *Denitrificarea*

Este un proces nefavorabil fertilității solului, ce constă în trecerea nitraților în nitriți, oxizi inferiori de azot și azot elementar; reacțiile se petrec în trepte și sfîrșesc cu pierderea azotului sub formă de gaz. Procesul este produs de un grup de bacterii reducătoare, un rol important avîndu-l *Thiobacillus denitrificans* și *Pseudomonas denitrificans*. Acestea utilizează NO_3^- sau NO_2^- ca sursă de oxigen în locul oxigenului molecular. Procesul este posibil în soluri cu exces de apă în zona radiculară, unde concentrația O_2 este scăzută. Reacțiile pot fi schematizate (T i s d a l e și N e l s o n, 1966) astfel:



Denitrificarea are loc ori de cîte ori soluția solului este deficientă în oxigen și este favorizată de prezența materiei organice, de un *p*H alcalin, temperatură în jur de 23°C, umiditatea solului aproape de saturație și prezența culturii care consumă pe de o parte oxigenul din zona radiculară, iar pe de altă parte excretă glucide.

Pierderile de azot prin denitrificare pot varia între 5—25% din azotul total aplicat ca îngrășămînt. Ele pot fi micșorate printr-un drenaj corespunzător și menținînd *p*H-ul între 5,5—7,0 prin aplicarea amendamentelor.

d. *Imobilizarea și eliberarea azotului anorganic*

Îngrășămintele cu azot aplicate solului sînt supuse unor reacții de transformare. De exemplu, ureea se descompune, sub acțiunea enzimei urează, la NH_4^+ și CO_2. Amoniul rezultat poate fi absorbit de plante sau microorganisme, adsorbit

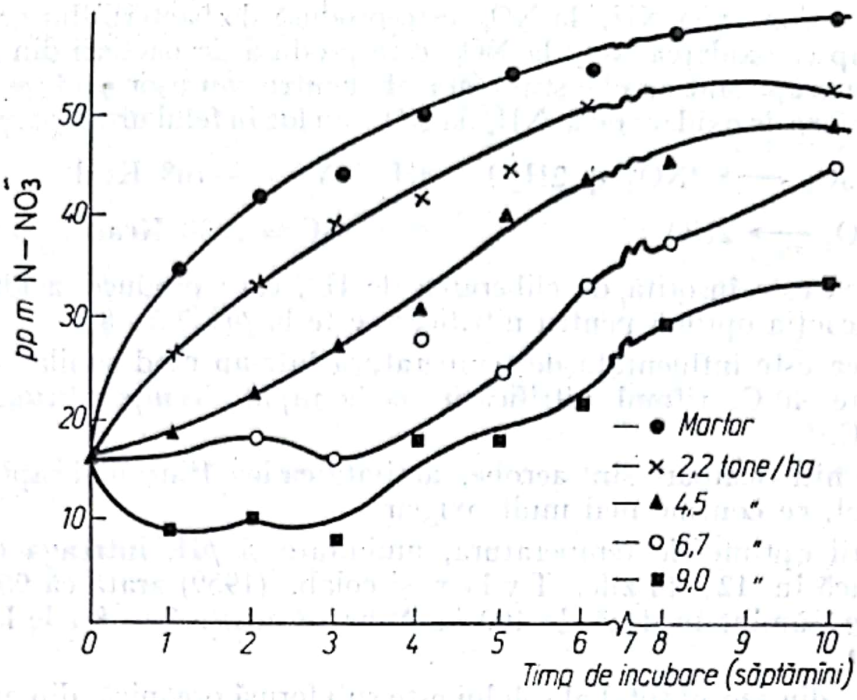


Fig. 5.6. Efectul dozei de paie asupra imobilizării azotului în sol (după **Campbell** și colab., 1976).

sau fixat în sol, volatilizat sau oxidat la NO_3^-. Ionul NO_3^- poate fi spălat, denitrificat sau absorbit de plantă. Experiențele cu ^{15}N au arătat că o parte importantă din azot (14—40%) este încorporat în plasma microorganismelor imediat după aplicarea îngrășămîntului. După moartea acestora, azotul este eliberat parțial în forme accesibile plantelor între 2—10% în timpul perioadei de vegetație a anului aplicării și 1—3% în anii următori (**Hauck**, 1981).

Dacă în sol se încorporează paie, este necesară aplicarea îngrășămintelor cu azot pentru a preîntîmpina scăderea producției culturilor agricole în urma imobilizării azotului în plasma microorganismelor.

Cu cît cantitatea de paie aplicată este mai mare, cu atît se imobilizează mai mult din azotul mineral al solului (fig. 5.6). Imobilizarea nu are loc dacă materialul vegetal conține peste 1,75% azot, așa cum este cazul cu resturile vegetale provenite de la culturile leguminoase.

Imobilizarea azotului datorată prezenței resturilor vegetale celulozice constituie totuși un fenomen pozitiv ce conduce la formarea materiei organice a solului. Reconversia N organic în forme anorganice este un proces lent, durînd ani sau chiar decenii. Mineralizarea și imobilizarea trebuie înțelese ca două procese opuse, simultane, care nu pot avea loc decît împreună.

Îmbogățirea solului în azot. Azotul molecular (N_2) se găsește în cantitate inepuizabilă în atmosferă. Căile prin care azotul devine accesibil plantelor superioare sînt:

— fixarea biologică a azotului molecular;

— fixarea sub formă de oxizi de N ca urmare a descărcărilor electrice din atmosferă (N din precipitații);

— fixarea prin procese industriale sub formă de îngrășăminte sintetice.

Evoluția în timp a cantităților de azot fixat biologic sau industrial pe plan mondial este ilustrată în tabelul 5.7.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.7

Estimări privind evoluția fixării azotului utilizabil de către plante (mil. tone N/an) (după H a r d i, 1977)

Specificare	Anul			
	1900	1977	2000	
			Tehnologii curente	Tehnologii noi
Fixare biologică	155	175	195	265
Fixare industrială	—	60	180—220	40
Alte surse de azot fixat	15	30	30—40	30—40
Total	170	265	425	340

a) Fixarea biologică a azotului molecular

Fixarea biologică a azotului atmosferic prezintă avantajul că are loc fără consum de energie fosilă, în timp ce în procesele industriale asemenea consumuri sînt foarte ridicate. Din acest motiv, studiul proceselor de fixare biologică s-a bucurat de multă atenție.

Dezvoltarea microorganismelor fixatoare de azot depinde de o multitudine de factori, printre care însușirile solului, modul de folosință a terenului, plantele cultivate, condițiile de climă etc. De aceea, cantitățile fixate anual pe hectarul de teren variază mult: 7—28 kg N pe terenuri arabile fără leguminoase, 150—170 kg pe cele cultivate cu trifoi sau lucernă, 250—300 kg la soia, 70—100 kg la fasole, 7—100 kg la pășuni fără leguminoase, 70—800 kg la pășuni cu leguminoase, 10—100 kg la orezării (L i x a n d r u, 1984).

După felul cum trăiesc, microorganismele fixatoare de azot se împart în două grupe:

— microorganisme care trăiesc liber în sol;

— microorganisme care trăiesc în simbioză pe rădăcinile anumitor specii de plante superioare, în special leguminoase.

Microorganismele libere pot fi aerobe și anaerobe. Ele fac parte din genurile *Azotobacter, Beijerinckia, Azospirillum, Clostridium* (anumite tulpini), *Achromobacter* și *Pseudomonas*, la care se mai adaugă diverse specii de ciuperci și algele verzi-albastre (familia *Nostocaceae*), acestea din urmă fiind autotrofe, adică cer pentru dezvoltarea lor CO_2, apă, lumină, N_2 și elemente minerale. *Achromobacter* și *Pseudomonas* sînt bacterii fotosintetizante.

Genurile *Azotobacter* și *Beijerinckia* sînt aerobe, întîlnindu-se frecvent în solurile arabile. *Azotobacter* se dezvoltă optim la *p*H 7—8, umiditate 66% din capacitatea de cîmp pentru apă, temperatura 20—30°C, suficiente elemente minerale necesare nutriției lor. Cele mai multe sînt bacterii predominant anaerobe dezvoltîndu-se bine cînd există o tensiune scăzută a oxigenului în atmosfera solului, cum se întîmplă pe pajiști sau în soluri de sub pădure.

Cu excepția bacteriilor fotosintetizante, celelalte sînt heterotrofe, activitatea lor depinzînd de prezența glucidelor simple care servesc drept sursă de carbon și energie. În condiții anaerobe se dezvoltă bine bacteriile ce descompun celuloza și amidonul în glucide simple, de aceea în asemenea soluri sînt prezente și bacteriile fixatoare de azot.

Genurile *Azotobacter* și *Beijerinckia* trăiesc și la suprafața rădăcinii plantelor, utilizînd ca sursă de carbon excrețiile radiculare din rizosferă. Se pare că speciile la care fotosinteza se desfășoară pe calea C_4 (trestia de zahăr și porumbul), rizosfera furnizează bacteriilor cantități mari de glucide pentru dezvoltarea lor și fixarea azotului.

Scanned with OKEN Scanner

La trestia de zahăr se fixează anual pe această cale pînă la 90 kg N/ha, la alte specii cantităţile fixate fiind mult mai mici (10—40 kg N/ha). În solul folosit ca pajişte se fixează mai mult N decît pe terenuri lucrate. Bacteriile din genul *Azospirillum* trăiesc atît în rizosferă, cît şi în exteriorul rădăcinilor de porumb, sorg, grîu, floarea-soarelui, putînd folosi direct glucidele furnizate de plantă.

Microorganismele simbiotice au o contribuţie mai mare în fixarea biologică a azotului atmosferic, comparativ cu cele ce trăiesc liber. Din această categorie fac parte diverse specii de bacterii din genurile *Rhizobium* şi *Actinomyces*.

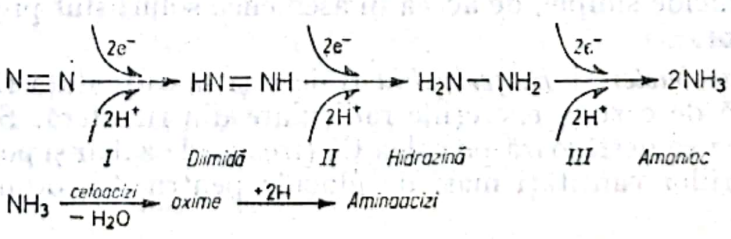
Speciile de *Rhizobium* se dezvoltă pe rădăcini de leguminoase, iar cele din genul *Actinomyces* se asociază pentru convieţuire cu alunul *(Alnus glutinosa* L.,), cătina albă *(Elaeagnus* sp., *Hippophae)* etc.

Se cunosc circa 12 mii specii de leguminoase pe rădăcinile cărora trăiesc anumite specii de *Rhizobium*, cele mai importante fiind: *Rh. leguminosarum* (specific pentru mazăre, măzăriche, linte, năut, sîngele voinicului); *Rh. trifolii* (pe rădăcini de trifoi); *Rh. meliloti* (la lucernă şi sulfină); *Rh. phaseoli* (specific pentru fasole); *Rh. lupinii* (la lupin) şi *Rh. japonicum* (specific pentru soia). Unele specii de *Rhizobium* trăiesc şi pe rădăcinile altor specii de plante, fără a contribui la fixarea azotului.

Bacteriile simbiotice sînt aerobe. Ele pătrund în rădăcină prin membrana celulară a perilor absorbanţi, pe care o dizolvă cu ajutorul unor sisteme enzimatice, formînd un cordon infecţional ce ajunge pînă în parenchimul cortical. Celulele din zona infectată se divid mult sub acţiunea unor substanţe excitante, formînd nodozitatea în interiorul căreia bacteriile se transformă într-un bacteroid. Acesta este de circa 40 de ori mai mare decît bacteria originală, formarea lui fiind condiţionată de prezenţa enzimei nitrogenaza şi a altora implicate în fixarea azotului. Simbioza constă în faptul că plantele folosesc substanţele cu azot în forma redusă (ca acizi aminici) elaborate de microorganisme, iar bacteriile utilizează glucidele solubile sintetizate de plante şi sărurile anorganice absorbite de acestea din sol. În primele zile după infecţie, bacteriile manifestă un fel de parazitism prin faptul că se hrănesc pe seama plantei, neoferind în schimb nimic. Treptat ele încep să fixeze azot atmosferic, pe care-l pun la dispoziţia plantei în proporţie de 70—80% din cel fixat (G. B o n d, 1936). Transferul aminoacizilor din nodozităţi spre partea aeriană creşte pe măsura dezvoltării plantei, începînd aproape brusc în faza înfloritului.

Cantitatea de azot fixat depinde de condiţiile de nutriţie. Reacţia acidă a solului, un conţinut ridicat de azot mineral sub formă de NO_3^-, NO_2^-, NH_4^+, uree, prezenţa fungicidelor sau a erbicidelor micşorează numărul şi mărimea nodozităţilor formate pe rădăcini. Concentraţiile mari de NH_4^+ blochează genele responsabile cu sinteza nitrogenazei, cea mai importantă enzimă în fixarea azotului. Aprovizionarea normală a bacteriei cu glucide micşorează acest efect.

Mecanismul fixării biochimice a azotului molecular pare a fi acelaşi la toate speciile de microorganisme. În centrul sistemului de fixare se află enzima numită *nitrogenaza*, alcătuită din două componente: *molibdoferedoxina* (o proteină cu Mo şi Fe, considerată nitrogenaza) şi *azoferedoxina* (o proteină cu Fe, considerată un substrat enzimatic, *nitrogenazreductaza*). Fixarea constă în reducerea azotului molecular N_2 la NH_3, cu consum de energie. S-au individualizat trei trepte de desfăşurare a reacţiilor, insuficient studiate, pe fiecare treaptă fiind nevoie de H^+ şi electroni furnizaţi de enzima nitrogenaza:



Energia necesară acestor reacţii provine de la ATP din bacterie. Consumul ridicat de energie în acest proces explică de ce leguminoasele oferă recolte mai scăzute comparativ cu neleguminoasele, care obţin azotul din alte surse.

Bacteriile mai conţin şi o substanţă numită *leghemoglobină*, asemănătoare hemoglobinei din sînge, care conţine Fe şi serveşte drept transportor pentru O_2 pe care-l captează şi-l cedează compuşilor reduşi. Pe această cale este protejată inactivarea nitrogenazei prin creşterea presiunii de oxigen. Leghemoglobina are culoare roşie, ca a sîngelui, de aceea toate nodozităţile active sînt colorate în roz, cele inactive avînd coloraţie verzuie.

Activitatea bacteriilor simbiotice poate fi micşorată de activitatea unor microorganisme antagoniste din grupa actinomycetelor, numite „rizobiofagi". Unii autori pun pe seama rizobiofagilor fenomenul cunoscut sub numele de „oboseala solului".

Determinările de azot fixat din aer, cu ajutorul izotopului de masă 15, au pus în evidenţă faptul că acesta depinde de o serie de factori, din care citäm specia de leguminoasă, genotipul, virulenţa tulpinei de *Rhizobium*, compatibilitatea dintre soi şi tulpină, fertilitatea naturală a solului, insolaţia, prezenţa sau absenţa azotului mineral şi a molibdenului accesibil în sol şi mai ales a apei în perioadele critice de dezvoltare a leguminoaselor. În funcţie de aceşti factori, procentul azotului fixat din atmosferă, de către diferite specii de leguminoase, poate varia de la cîteva procente pînă la 80—90% în cazul fasoliţei cultivată pe nisipurile din stînga Jiului (Şuteu şi Gheorghe, 1988).

La soia cultivată pe sol brun roşcat, azotul fixat a fost de 55% (Caramete şi Şuteu, 1989), în timp ce pe cernoziomul cambic de la Fundulea, acesta a variat, în funcţie de soiul de soia, de tulpina de *Rhizobium* şi doza de azot mineral aplicată de la 5,9% la 37,0% (Danso, Hera şi Douka, 1987).

De fapt cantitatea de azot fixat prin simbioză depinde şi de virulenţa diverselor tulpini de bacterii (Bălan, 1982). În practică, se selectează pentru fiecare specie de plante, tulpini de bacterii cît mai virulente, cu acestea se inoculează seminţele de leguminoase înainte de semănat. În zona noastră sînt cunoscute preparatele Nitragin soia, Nitragin fasole etc.

Cantitatea de azot ce rămîne în resturile vegetale aeriene după o cultură de soia variază între 30 şi 47 kg/ha (Caramete şi Şuteu, 1989).

b) Azotul din precipitaţii

Cantitatea de azot provenit din precipitaţii este foarte mică. În timpul descărcărilor electrice, datorită temperaturilor înalte ce se creează, azotul molecular se poate combina cu oxigenul dînd oxizi de azot. Aceştia, împreună cu apa de precipitaţii, generează acizi:

$$N_2 + 2O_2 \longrightarrow 2NO_2;$$

$$2NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_3 + HNO_2.$$

Un litru de apă de precipitaţii conţine 1—4 miligrame azot sub formă de NH_4^+ şi 3—5 mg azot ca NO_3^-, ceea ce, la un regim pluviometric de 500—600 mm pe an reprezintă 1—15 kg N/ha.

c) Fixarea industrială a azotului

Este cea mai importantă cale de completare a azotului necesar plantelor cultivate. Potrivit datelor FAO, în anul 1980/81 au fost fixate în îngrăşăminte pe cale industrială 62,7 milioane tone azot. Se apreciază că în anul 1990 se vor fixa 80 milioane tone azot în îngrăşăminte chimice.

Scanned with OKEN Scanner

Pierderile de azot din sol și din îngrășămintele aplicate în sol. Azotul mineral se poate pierde pe diverse căi: prin volatilizarea sau fixarea amoniacului; prin spălarea nitraților; prin îndepărtarea o dată cu recoltele; prin denitrificare. În general culturile folosesc numai 40—75% din azotul adăugat ca îngrășămînt în sol.

Pierderile de azot prin spălare. Ionii de amoniu sînt reținuți de argile, iar nitrații sînt mobili, deplasîndu-se în mare parte cu apa ce se infiltrează. Levigarea nitraților constituie o pierdere a azotului din zona radiculară spre apele freatice pe care le poluează. În perioadele secetoase ale anului, ascensiunea capilară a apei deplasează nitrații din orizonturile inferioare ale solului în cele superioare sau chiar la suprafața solului. Aceasta are importanță pentru nutriția plantelor.

Pierderile de azot din îngrășăminte sub formă de NO_3^- se produc în măsură mai mică în solul cultivat. Pe solurile nisipoase pierderile de nitrați sînt mai mari decît pe cele argiloase, care au capacitate mare de reținere a apei (tabelul 5.8).

În ceea ce privește ureea, după solubilizare poate fi spălată în adîncime cu apa de infiltrație, aproape tot atît de ușor ca și nitrații. O dată hidrolizată, ureea se comportă ca un îngrășămînt amoniacal ce este reținut în sol. Pierderi importante de azot din uree, prin levigare, se produc pe solurile nisipoase, iar pe cele alcaline, prin volatilizarea amoniacului.

Tabelul 5.8

Cantitatea de azot ce se spală în profunzime funcție de textura solului (după Kundler, 1976)

Textura solului	Cantitatea de azot levigată (kg/ha)
Nisipoasă	15—52
Luto-nisipoasă	9—44
Lutoasă	0—17
Argiloasă	5—44

S-a constatat că și azotul amoniacal migrează, parțial, o dată cu apa de infiltrație, mai ales în solurile nisipoase. Conținutul de azot nitric în apa de drenaj este de aproximativ 100 ori mai mare comparativ cu azotul amoniacal.

În procesul de levigare este antrenat atît azotul rezultat din mineralizarea substanței organice a solului, cît și cel provenit din îngrășăminte. Din cantitatea totală de nitrați întîlnită pînă la 2 m, numai de 20—30% reprezintă azotul din îngrășămînt, restul provine din sol (Hera, 1972). Levigarea azotului depinde de cantitatea de precipitații, de doza de îngrășămînt și de natura culturii. Frede (1977) a înregistrat cele mai mari pierderi de azot la un conținut de 32% apă (fig. 5.7).

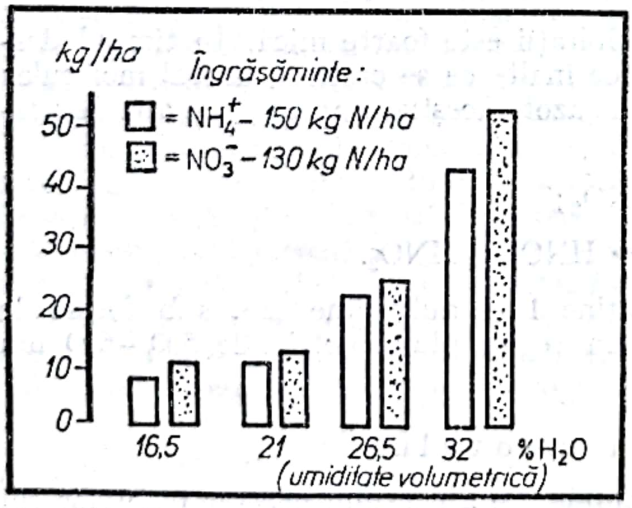


Fig. 5.7. Pierderile de azot prin levigare din îngrășămintele cu azot nitric și amoniacal aplicate în stratul arabil, în funcție de conținutul de apă al solului, la 25°C și pentru o durată de experimentare de 10 zile (după Frede, 1977).

Pierderile de azot prin volatilizare. Cînd îngrășămintele cu azot amoniacal sînt aplicate la suprafața solurilor calcaroase, se produc pierderi prin volatilizare. Sărurile de amoniu sînt transformate conform schemei:

$$2NH_4NO_3 + CaCO_3 \rightleftharpoons (NH_4)_2CO_3 + Ca(NO_3)_2$$

Carbonatul de amoniu este instabil:

$$(NH_4)_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons 2NH_3 + 2H_2O + CO_2;$$

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-.$$

Scanned with OKEN Scanner

Alcalinizarea soluției favorizează pierderea de NH_3.

Umiditatea solului influențează pierderile de amoniac.

Fixarea amoniului în sol. Ionii de amoniu pot fi fixați în forme neschimbabile în rețeaua cristalină a mineralelor argiloase cu rețeaua expandabilă, printr-un mecanism descris la capitolul 3. Acest proces a fost numit fixarea NH_4^+. Solurile bogate în minerale argiloase conțin adesea cantități apreciabile de NH_4^+ într-o formă fixată. Cercetări efectuate pe cernoziomuri și soluri podzolice au arătat că aceste soluri conțin între 60—130 ppm $N—NH_4^+$ fixat în formă neschimbabilă (P o p, 1969).

Factorii ce influențează fixarea ionilor de amoniu sînt: temperatura, umiditatea, reacția solului, prezența altor cationi în sol și natura anionilor însoțitori. Creșterea temperaturii intensifică procesul fixării. Umiditatea ridicată scade fixarea amoniului în sol, iar uscăciunea o mărește. Creșterea *p*H-ului intensifică fixarea NH_4^+. Cationii di- sau trivalenți și ionul H^+ frînează fixarea amoniului. Amoniul fixat poate deveni accesibil plantelor, cînd concentrația formelor schimbabile și solubile din soluția solului scade mult prin consumul de către plante, microorganisme sau prin procesul de nitrificare.

Exportul azotului din sol cu recoltele. Cantități importante de azot pot fi îndepărtate din sol o dată cu recoltele (50—400 kg N/ha). Cantități mari sînt îndepărtate pe această cale în cazul cerealelor, tuberculiferilor și rădăcinoaselor.

Ciclul azotului în sol. Azotul suferă un circuit între atmosferă și organismele vii. În acest proces sînt implicați numeroși factori și procese fizico-chimice sau biochimice. Principalele procese din sol sînt de amonificare, nitrificare, denitrificare etc., care conduc la mineralizarea sau imobilizarea biologică și chimică a azotului (fig. 5.8). Plantele, microorganismele și omul prin activitatea sa participă efectiv la realizarea acestui circuit.

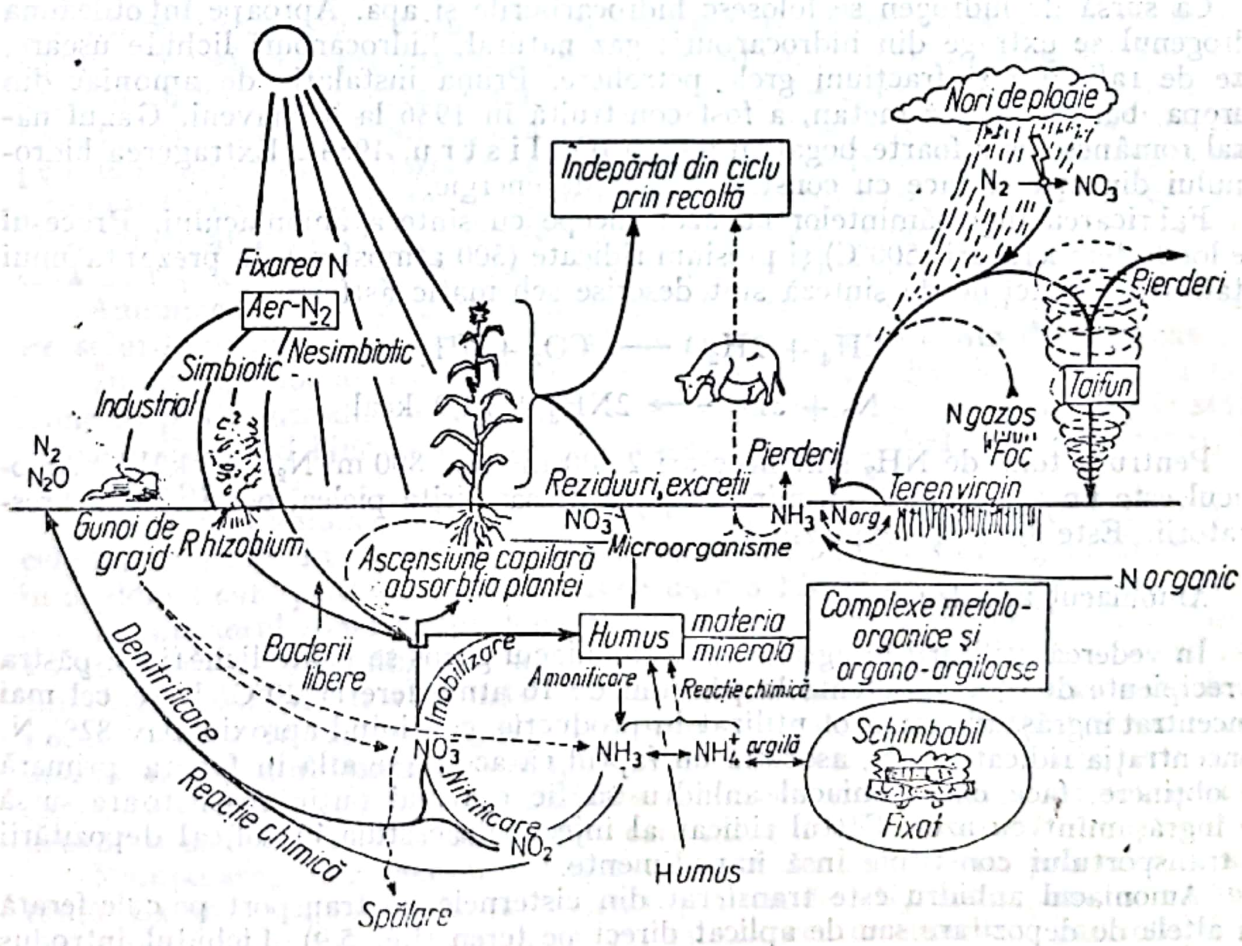


Fig. 5.8. Ciclul azotului din sol (după **T i s d a l e** și **N e l s o n**, 1966).

Scanned with OKEN Scanner

Îngrăşămintele cu azot folosite în agricultură sînt săruri ale acidului azotic sau ale altor acizi cu amoniul sau cu alţi cationi, precum şi diverşi compuşi organici ce conţin azot. Ele conţin azotul sub formă accesibilă, în principal ca amoniu sau ca nitrat, sau care rămîn sub aceste forme după transformare.

Pot fi deosebite următoarele forme chimice de îngrăşăminte industriale:

a) cu azot amoniacal: amoniac, apă amoniacală, sulfat de amoniu, clorură de amoniu, carbonat de amoniu, bicarbonat de amoniu;

b) cu azot nitric: azotaţi de sodiu, potasiu şi calciu;

c) cu azot nitric şi amoniacal: azotat de amoniu, sulfonitrat de amoniu, nitrocalcamoniu;

d) cu azot amidic: uree, cianamidă de calciu;

e) cu azot amidic cu eliberare lentă a azotului: ureoformaldehidă, izobutilidendiuree, crotonilidendiuree;

f) soluţii cu azot: amoniacaţi, carboamoniacaţi, soluţii simple.

Alte îngrăşăminte cu azot fac parte din categoria îngrăşămintelor complexe.

Majoritatea îngrăşămintelor cu azot se obţin, industrial, din azotul atmosferic pe calea sintezei amoniacului şi numai o mică parte provine din depozite naturale, în care s-au acumulat de-a lungul timpurilor ca săruri ce conţin azot (Salpetrul de Chile).

Îngrăşăminte cu azot amoniacal

Producerea industrială a amoniacului include două etape: obţinerea hidrogenului şi azotului elementar necesari sintezei amoniacului şi sinteza propriu-zisă.

Sursa de azot o constituie aerul atmosferic. La scară mondială se extrag din atmosferă circa 10^8 t azot/an.

Ca sursă de hidrogen se folosesc hidrocarburile şi apa. Aproape întotdeauna hidrogenul se extrage din hidrocarburi: gaz natural, hidrocarburi lichide uşoare, gaze de rafinărie şi fracţiuni grele petroliere. Prima instalaţie de amoniac din Europa, bazată pe gaz metan, a fost construită în 1936 la Tîrnăveni. Gazul natural românesc este foarte bogat în metan (Calistru, 1984). Extragerea hidrogenului din apă se face cu consum ridicat de energie.

Fabricarea îngrăşămintelor cu azot începe cu sinteza amoniacului. Procesul are loc la temperaturi (500°C) şi presiuni ridicate (300 atmosfere), în prezenţa unui catalizator. Reacţiile de sinteză sînt descrise schematic astfel:

$$CH_4 + 2H_2O \longrightarrow CO_2 + 4H_2;$$

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3 + 21{,}9 \text{ kcal}$$

Pentru o tonă de NH_3 sînt necesari 2 400 m^3 H_2, 800 m^3 N_2 şi 95 kWh. Amoniacul este un gaz incolor, cu miros înţepător, care irită pielea, ochii şi căile respiratorii. Este toxic şi exploziv.

Amoniacul anhidru

În vederea utilizării în agricultură, amoniacul gazos se poate lichefia şi păstra în recipiente de oţel, rezistente la presiuni de 16 atmosfere la 20°C. Este cel mai concentrat îngrăşămînt cu azot utilizat în producţie, conţinînd aproximativ 82% N. Concentraţia ridicată în N, asociată cu faptul că acesta se află în forma primară de obţinere, face ca amoniacul anhidru să fie cea mai puţin costisitoare sursă de îngrăşămînt cu azot. Costul ridicat al injectării acestuia în sol, al depozitării şi transportului constituie însă impedimente.

Amoniacul anhidru este transferat din cisternele de transport pe cale ferată în altele de depozitare sau de aplicat direct pe teren (fig. 5.9). Lichidul introdus în sol se evaporă formînd NH_3 gazos. Distanţa pe care se răspîndeşte amoniacul

Scanned with OKEN Scanner

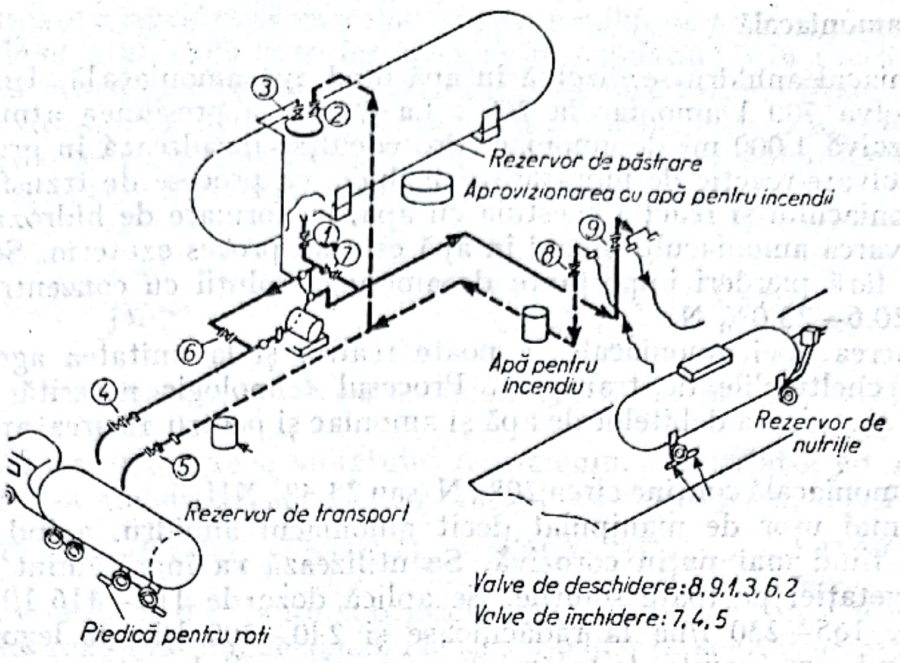


Fig. 5.9. Schema de transfer a amoniacului anhidru din rezervoarele de păstrare în cele de transport și aplicare pe teren (după **L i x a n d r u, 1984**).

în jurul punctului de injecție variază între 5—15 cm, în funcție de cantitatea de amoniac aplicat, de textura solului, umiditate și temperatură. Adîncimea de aplicare se reglează corespunzător pentru a împiedica pierderile de azot.

Amoniacul anhidru se administrează în sol prin injectarea cu ajutorul unor dispozitive asemănătoare cuțitelor de la cultivatoare, în spatele cărora există un tub prin care iese amoniacul sub presiune. Rezervorul și tuburile de legătură trebuie să reziste la presiunea de 14 kg/cm² (40°C). Un sol lutos cu *p*H 6—7 poate absorbi 76 kg N la hectar pe un strat gros de 2,5—5,1 cm. Aplicarea se face pe timp noros și răcoros, la adîncimea de 10—15 cm pe solurile argiloase și 15—20 cm pe cele luto-nisipoase. Dozele se calculează și în funcție de capacitatea de reținere a solului. Cele cu capacitate redusă de reținere se fertilizează cu cantități mai scăzute de amoniac anhidru (30—40 kg N/ha), comparativ cu cele care au capacitate ridicată de reținere (60—80 kg N/ha). Se recomandă să nu se depășească 100 kg N/ha.

Amoniacul anhidru se administrează toamna, o dată cu arătura de bază. Pe solurile nisipoase se administrează cu o săptămînă înainte de semănat.

În exces, amoniacul este toxic pentru plante. La culturile irigate prin aspersiune se poate introduce direct în apa de udare împreună cu soluții acide stabilizatoare. Răspund bine la fertilizarea cu amoniac: porumbul, sfecla de zahăr, cartoful, orezul.

Amoniacul anhidru este mai indicat pe solurile cu reacție slab acidă decît pe cele foarte acide. În primul caz nitrificarea și pierderile prin levigare sînt scăzute; în al doilea caz, poate avea loc o accentuare a hidrolizei humusului din sol.

În interiorul zonei de injectare a amoniacului, *p*H-ul solului crește la circa 9. La acest nivel de alcalinitate, activitatea microorganismelor scade și chiar rădăcinile plantelor pot fi vătămate. Cu timpul amoniacul difuzează în solul înconjurător. Concentrația de NH_3 și *p*H-ul scad, treptat, de la centrul în care a fost aplicat inițial spre periferie. Amoniacul aplicat cu apa de irigație, prin aspersiune, parțial se pierde prin volatilizare. De aceea se recomandă introducerea împrună cu soluții acide stabilizatoare, care mențin *p*H-ul sub 8.2.

Manipularea amoniacului anhidru cere măsuri speciale de precauție și siguranță. Expunerea lucrătorilor la concentrații mari de NH_3 gazos produce vătămări grave plămînilor sau chiar sufocări. La intoxicarea cu amoniac, pacientului i se aplică respirația artificială.

Scanned with OKEN Scanner

Apa amoniacală

Amoniacul anhidru se dizolvă în apă dînd apă amoniacală. Un litru de apă poate dizolva 700 l amoniac la 20°C. La 0°C şi la presiunea atmosferică, 1 m^3 de apă dizolvă 1 000 m^3 de amoniac. Procedeul se încadrează în grupa proceselor de tip dizolvare-reacţie de hidratare şi include, ca procese de transformare, dizolvarea amoniacului şi reacţia acestuia cu apa, cu formare de hidroxid de amoniu.

Dizolvarea amoniacului lichid în apă este un proces exoterm. Se pot prepara şi utiliza, fără pierderi importante de amoniac, soluţii cu concentraţia 25—28% NH_3 sau 20,6—23,0% N.

Obţinerea apei amoniacale se poate realiza şi la unitatea agricolă, aceasta micşorînd cheltuielile de transport. Procesul tehnologic necesită utilaje pentru măsurarea şi reglarea debitelor de apă şi amoniac şi pentru răcirea apei amoniacale obţinute.

Apa amoniacală conţine circa 20% N sau 24,4% NH_3.

Este mai uşor de manipulat decît amoniacul anhidru, avînd presiune mai scăzută şi fiind mai puţin corozivă. Se utilizează ca îngrăşămînt de bază şi în timpul vegetaţiei pe toate solurile. Se aplică doze de 110—116 l/ha la culturile de cereale, 165—230 l/ha la rădăcinoase şi 240—300 l/ha la legume. Aplicarea se face primăvara înainte de însămînţare, pe cît posibil pe timp noros şi răcoros, la adîncimea de 15 cm. Vara se poate aplica printre rînduri la culturi prăşitoare, la distanţa de 10 cm de plantă, iar la culturile irigate, cu apa de udare.

Cheltuielile de obţinere şi aplicare a apelor amoniacale sînt cu 20% mai mici decît pentru azotatul de amoniu.

Sulfatul de amoniu — $(NH_4)_2SO_4$

Se prezintă sub formă de cristale albe, rombice, conţinînd 21,2% N. La 100°C, sulfatul de amoniu se descompune cu formarea sării acide şi a amoniacului.

Sulfatul de amoniu este un îngrăşămînt puţin utilizat în ţara noastră şi se obţine ca *produs secundar prin mineralizarea* cu acid *sulfuric a amoniacului din gaze de* cocserie, din *gips* şi din soluţiile *reziduale din industria organică.*

— Cărbunii de pămînt conţin cantităţi mici de azot sub formă de compuşi organici care, în procesul de cocsificare, trec sub formă de amoniac în gazele de cocserie. Gazele de cocserie conţin 7—10 mg NH_3/m^3 gaze; amoniacul este apoi convertit în sulfat de amoniu.

Prin prelucrarea gipsului natural sau a fosfogipsului (rezultat ca deşeu la fabricarea acidului fosforic) cu amoniac, dioxid de carbon şi apă sau cu o soluţie de carbonat de amoniu:

$$CaSO_4 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$$

$$CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3 = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$$

Ca produs secundar la fabricarea caprolactamei rezultă 2,5—5,0 kg $(NH_4)_2SO_4$ la 1 kg produs. Soluţiile conţin 33—35% sulfat de amoniu, 1—1,5% azotat de amoniu şi 0,5—0,6% substanţe organice. Prelucrarea acestora în scopul obţinerii sulfatului de amoniu se realizează prin concentrare şi cristalizare, urmată de separarea şi uscarea sulfatului de amoniu.

Sulfatul de amoniu este uşor solubil în apă şi se dizolvă cu absorbţie de căldură. Solubilitatea variază puţin cu creşterea temperaturii, dar se micşorează în prezenţa amoniacului.

Este puţin higroscopic, ceea ce prezintă un avantaj din punct de vedere al depozitării, transportului şi încorporării în sol. Are acţiune fiziologică acidă. Plantele folosesc mai mult ionul NH_4^+, iar anionul SO_4^{2-} rămas precipită sub formă de sulfat de calciu, micşorînd în acest mod bazicitatea solului. De aceea, utilizarea îndelungată a sulfatului de amoniu conduce la creşterea acidităţii solului, în acelaşi

Scanned with OKEN Scanner

timp, şi ca urmare a nitrificării microbiologice a ionului de amoniu. În cazul aplicării pe solurile nesaturate cu baze, inconvenientul se înlătură prin aplicarea amendamentelor calcaroase. Aplicarea îngrăşămintelor se face toamna tîrziu sau primăvara, spre a evita nitrificarea ionilor de amoniu şi spălarea azotului nitric în profunzime. La orez se poate aplica o dată cu irigarea. Reacţia sulfatului de amoniu cu calciu din sol poate fi schematizată astfel:

$$\text{Sol}\begin{bmatrix}Ca^{2+}\\Mg^{2+}\end{bmatrix} + (NH_4)_2SO_4 \rightleftharpoons \text{sol}\begin{bmatrix}NH_4^+\\NH_4^+\\Mg^{2+}\end{bmatrix} + CaSO_4$$

Dacă solul este nesaturat cu baze, anionul SO_4^{2-} se uneşte cu hidrogenul, acidifiind soluţia solului.

Potenţialul de acidifiere a sulfatului de amoniu, comparativ cu al altor îngrăşăminte cu azot amoniacal, se situează, în ordinea descreşterii, astfel:

$$NH_4Cl > (NH_4)_2SO_4 > NH_4NO_3 > (NH_4)_2\ HPO_4 > NH_4H_2PO_4$$

Azotul este utilizat de plante sub formă amoniacală sau după nitrificare. Se recomandă folosirea sulfatului de amoniu la cartof (chiar pe solurile acide), la citrice şi orez.

Clorura de amoniu — NH_4Cl

Clorura de amoniu solidă, pură, se prezintă sub formă de cristale cubice, incolore, cu 26,1% N şi 66,6% Cl. Produsul tehnic conţine 24—25% N. Este solubilă în apă şi puţin higroscopică. La 20°C se dizolvă 27,1 g/100 cm^3 apă.

Clorura de amoniu este un îngrăşământ cu reacţie potenţial acidă, puţin utilizată ca urmare a prezenţei clorului. Pentru a-i micşora aciditatea se amestecă cu praf de calcar, rezultînd un îngrăşământ cu aproximativ 17% N.

Ca îngrăşământ s-ar putea utiliza clorura de amoniu rezultată ca produs auxiliar în *procedeul Solvay* de fabricare a sodei;

$$NaCl + CO_2 + H_2O + NH_3 \longrightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$$

Se recomandă pe solurile bazice.

Ionul de clor poate avea o influenţă negativă asupra culturilor de cartof, tomate, tutun, legume şi viţa de vie. Pe solurile acide prezenţa clorului afectează şi alte culturi. Pe cele neutre şi bogate în materie organică acţiunea clorului se atenuează. Se administrează mult înaintea semănatului pentru cerealele de toamnă, sfecla de zahăr, bumbac şi pajiştile naturale. La cartof, clorura de amoniu micşorează conţinutul de amidon din tuberculi.

Carbonatul şi bicarbonatul de amoniu — $(NH_4)_2CO_3$ şi NH_4HCO_3

Carbonatul de amoniu este o sare sub formă de cristale incolore. Se descompune uşor după reacţia:

$$(NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons NH_3 + NH_4HCO_3$$

Se dizolvă uşor în apă. La 20°C se solubilizează 17,8 g/100 cm^3 apă.

Bicarbonatul de amoniu se prezintă ca o sare albă, cristalizată în sistemul cubic, avînd un conţinut de 17,9% N.

Carbonatul de amoniu conţine 29% N şi se foloseşte la obţinerea îngrăşămintelor lichide.

Bicarbonatul de amoniu este un îngrăşământ ieftin şi cu eficacitate ridicată. În soluţii apoase bicarbonatul de amoniu are reacţie alcalină, iar în sol prezintă reacţie fiziologică acidă, datorită nitrificării ionilor NH_4^+. Se utilizează la culturile de cartof, porumb, floarea-soarelui, castraveţi, înainte de semănat.

Scanned with OKEN Scanner

Ca eficienţă, bicarbonatul de amoniu se apropie de azotatul de amoniu şi de uree Pentru a-i mări stabilitatea se amestecă cu azotatul de amoniu, sulfatde amoniu şi uree.

Conversia îngrăşămintelor cu amoniu în sol. Ionul amoniu poate fi absorbit direct de rădăcina plantelor, poate fi adsorbit de coloizii solului, micşorîndu-şi mobilitatea, sau poate suferi procesul de nitrificare. Conversia are loc în cadrul unor limite largi de *p*H, optimul fiind la *p*H 7, în soluri bine aerate şi relativ umede. Circa 50% din amoniac suferă nitrificarea în timp de 3—15 zile pe solurile cu fertilitate normală.

Îngrăşăminte cu azot nitric

Azotatul de sodiu — $NaNO_3$ (Salpetru de Chile)

Se prezintă sub formă de cristale incolore cu 16,47% N. Este uşor solubil în apă şi puţin higroscopic. Se utilizează puţin ca îngrăşământ. Are reacţie fiziologică bazică, de aceea se recomandă pentru soluri acide şi la culturi ca sfecla de zahăr, sfecla furajeră, cereale, legume şi pajişti.

Se obţine pe două căi: prin prelucrarea unor zăcăminte naturale şi prin sinteză.

Cele mai bogate zăcăminte naturale se găsesc în statul Chile, apreciate la 245 300 000 t (după M a n s f i e l d). Zăcămîntul conţine 25—35% $NaNO_3$ şi cantităţi scăzute de azotat de potasiu, sulfat de sodiu, de calciu şi de magneziu, clorură şi iodat de sodiu.

Industrial se obţine prin metoda absorbţiei oxizilor de azot (gaze reziduale de la sinteza acidului azotic) în soluţie alcalină. Acest procedeu creşte eficienţa instalaţiilor de fabricare a acidului azotic şi evită poluarea mediului ambiant. Gazele nitroase reziduale conţin monooxid de azot, dioxid sau tetraoxid de azot, N_2 şi O_2. Faza lichidă este o soluţie de carbonat de Na. Principalele procese de transformare ce au loc în soluţie sînt dizolvarea dioxidului sau a amestecului echimolecular monoxid-dioxid de azot urmată de reacţiile de formare a acidului azotic şi azotos şi de neutralizare a acestora. Absorbţia oxizilor de azot în soluţia de carbonat de sodiu reprezintă un procedeu ce ar putea căpăta o largă răspîndire industrială.

Azotatul de calciu, $Ca(No_3)_2$ (Salpetru de Norvegia)

Este o sare albă, anhidră sau cristalizată cu 2,3 sau 4 molecule de apă:

$$Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O, \text{ cu } 14\% \text{ N}$$

$$Ca(NO_3)_2 \cdot 3H_2O, \text{ cu } 12{,}8\% \text{ N}$$

$$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O, \text{ cu } 11{,}86\% \text{ N}.$$

Forma dihidratată este cea mai higroscopică, iar tetrahidratată este cea mai stabilă şi mai puţin higroscopică. A fost obţinut prima dată în Norvegia (1905).

Este o sare cu acţiune potenţial alcalină; se recomandată pentru solurile acide, la culturi de cartof, sfeclă, in, cînepă, orz, ovăz etc. Datorită higroscopicităţii şi tendinţei de aglomerare, azotatul de calciu se amestecă, înainte de utilizare, cu alte îngrăşăminte simple sau complexe: azotat de amoniu, sulfaţi şi fosfaţi de amoniu, uree, săruri de K etc. În amestec cu azotatul de amoniu se folosesc proporţiile: 82% $Ca(NO_3)_2$, 4,5% NH_4NO_3 şi 13,5% H_2O.

Fabricarea azotatului de calciu se bazează pe absorbţia oxizilor de azot în lapte de var (C a l i s t r u, 1984):

$$Ca(OH)_2 + (NO+NO_2) = Ca(NO_2)_2 + H_2O;$$

$$2Ca(OH)_2 + 4NO_2 = Ca(NO_3)_2 + Ca(NO_2)_2 + 2H_2O.$$

Scanned with OKEN Scanner

Azotitul de Ca se transformă în azotat de calciu cu ajutorul acidului azotic diluat:

$$3Ca(NO_2)_2 + 4HNO_3 = 3Ca(NO_3)_2 + 2H_2O + 4NO$$

Obținerea sării solide se realizează prin concentrare, cristalizare și separare.

Folosirea azotaților de sodiu și de calciu. După dizolvare în soluția solului acid, azotatul de calciu intră în reacție de schimb cu complexul adsorbtiv al solului potrivit schemei următoare:

$$\text{Sol}\begin{matrix}H^+\\H^+\\Ca^{2+}\end{matrix} + Ca(NO_3)_2 \longrightarrow \text{sol}\begin{matrix}Ca^{2+}\\Ca^{2+}\end{matrix} + 2HNO_3$$

Cationii de Na^+ și Ca^{2+} sînt reținuți la fracțiunea coloidală a solului, iar anionul NO_3^- este utilizat de plante, de microorganisme sau formează alți compuși solubili în soluția solului. Avînd o mare mobilitate în sol, azotatul de sodiu sau de calciu nu se aplică toamna ci primăvara înainte de semănat sau în cursul vegetației. De aceea, prin folosirea îndelungată a acestor îngrășăminte pe soluri acide, podzolice, se constată o acțiune de micșorare a acidității și de creștere a gradului de saturație cu baze.

Unele specii de plante cultivate (mai ales sfecla de zahăr și alte rădăcinoase) reacționează bine cînd se aplică îngrășăminte cu azot ce conțin și sodiu. Aceasta se explică prin acțiunea pozitivă a sodiului asupra migrării glucidelor din frunze în rădăcini, rezultatul acestei influențe materializîndu-se în cantitatea și calitatea recoltei.

Pe solurile podzolice, azotatul de sodiu și cel de calciu sînt mai eficiente decît îngrășămintele cu reacție fiziologic acidă. Azotatul de sodiu se poate aplica și o dată cu semănatul, pe rînduri, în cazul sfeclei de zahăr și al altor rădăcinoase. Nu se recomandă să se aplice pe soluri saline și alcaline.

Îngrășăminte cu azot nitric și amoniacal

Azotatul de amoniu — NH_4NO_3.

Azotatul de amoniu pur este o substanță cristalină, care conține 35% N, din care 1/2 sub formă amoniacală și 1/2 sub formă nitrică. Ca îngrășămînt conține 33—34,5% N și 0,8—1,8% apă. Se prezintă ca o sare albă, uneori ușor gălbuie, granulată sau cristalizată diferit. Se descompune termic la temperaturi ce depășesc 100°C. La încălzire bruscă și temperatură înaltă (300—500°C) se descompune cu explozie. Amestecarea cu substanțe organice scade punctul critic de explozie. Faza gazoasă ce rezultă prin descompunere, în funcție de condițiile de desfășurare, conține următoarele componente: NH_3, HNO_3, N_2O_3, NO_2 sau N_2O_4, NO, N_2O, N_2, O_2 și H_2O.

Azotatul de amoniu nu este în condiții obișnuite de manipulare o substanță explozivă, dar în anumite condiții este expus riscului de explozie. De aceea pentru a micșora pericolele posibile, cît și pentru a contracara efectul de acidifiere a solului, azotatul de amoniu se livrează de multe ori în amestec cu nitrocalcar, îngrășăminte lichide cu azot, îngrășăminte mixte. Aglomerabilitatea azotatului de amoniu se explică prin însușirea sa de higroscopicitate destul de ridicată și marea solubilitate în apă, care crește destul de mult la mărirea temperaturii. Solubilizarea are loc cu absorbție de căldură.

Pentru micșorarea aglomerării se recurge la granulare, cu diverse adaosuri în produs înainte de granulare și cu pudrarea granulelor cu praf de dolomită etc. Adaosurile în topitură sau pe suprafața granulelor sînt folosite frecvent pentru micșorarea aglomerabilității. Cele mai eficiente adaosuri în topitură se consideră azotații de magneziu și de calciu, care se utilizează separat sau în amestec. Transfor-

Scanned with OKEN Scanner

marea azotatului de amoniu într-un îngrășământ cu eliberare lentă a azotului prin acoperirea granulelor cu o peliculă de sulf, de rășini ureoformaldehidice etc. este și o măsură pentru micșorarea aglomerabilității. În general se folosesc următoarele mijloace și procedee de micșorare a aglomerabilității: introducerea de adaosuri de acoperire a granulelor sau inhibitori de nitrificare, folosirea ambalajului impermeabil la umiditate și fără influență asupra descompunerii termice, depozitarea la un loc uscat, durata scurtă de păstrare și evitarea păstrării în vrac, amestecarea cu $CaCO_3$ (nitrocalcar), $CaSO_4$ etc., contactul cu substanțe organice numai în măsura în care acestea nu influențează descompunerea termică (C a l i s t r u ș.a., 1984).

Azotatul de amoniu se obține industrial din amoniac și acid azotic. Procesul constă din neutralizarea acidului azotic cu amoniac gazos, evaporarea soluțiilor de azotat de amoniu, prelucrarea topiturii în produs cristalizat sau granulat, răcirea, condiționarea și ambalarea produsului.

Neutralizarea acidului azotic cu amoniac are loc cu degajare de căldură, conform reacției:

$$HNO_3 + NH_3 \longrightarrow NH_4NO_3; \quad \Delta H = -148{,}5 \text{ KJ}$$

Conținutul de azot nu trebuie să fie mai mic de 34,6%, umiditatea să fie sub 0,4%, iar reacția neutră sau slab acidă. Îngrășământul se livrează în saci de polietilenă și se păstrează în depozite uscate. Azotatul de amoniu acidifică solul atît datorită protonilor rezultați din nitrificarea amoniului, cît și ca urmare a debazificării rezultate din levigarea, o dată cu apa, a nitraților, sub zona radiculară.

Azotatul de amoniu are o acțiune fiziologică acidă (fig. 5.10). Se întrebuințează ca atare sau la obținerea îngrășămintelor mixte și complexe, solide și lichide.

Sulfonitratul de amoniu — $NH_4NO_3 \cdot (NH_4)_2SO_4$

Sulfonitratul de amoniu prezintă unele avantaje față de sulfatul și azotatul de amoniu. Conține mai mult azot decît sulfatul de amoniu, funcție de proporțiile amestecului:

$(NH_4)_2SO_4 \cdot NH_4NO_3$ are 26,4% N;

$(NH_4)_2SO_4 \cdot 2NH_4NO_3$ are 28,7% N;

$(NH_4)_2SO_4 \cdot 3NH_4NO_3$ are 30,5% N.

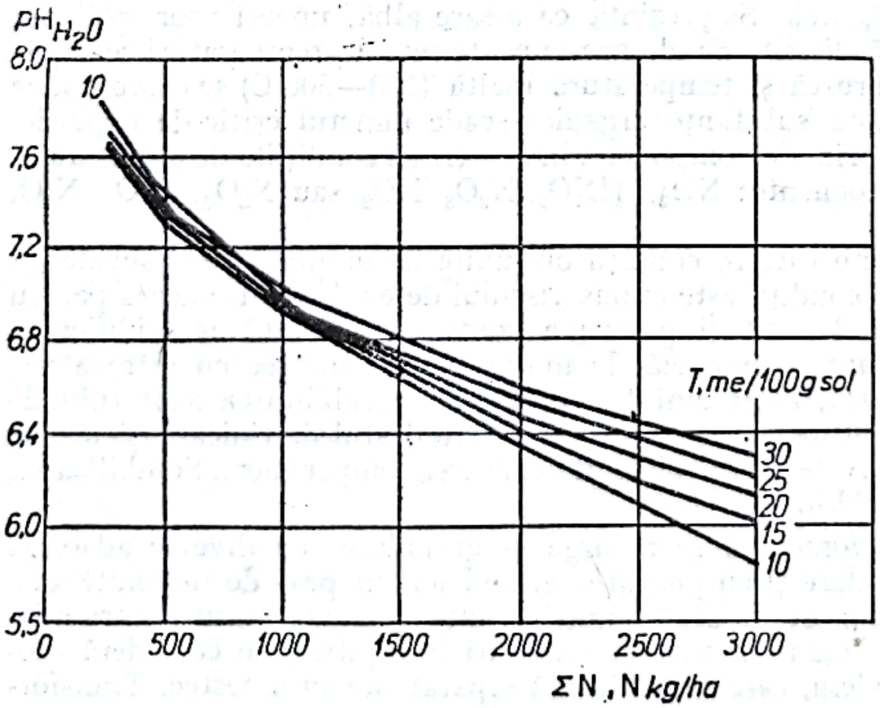


Fig. 5.10. Modificarea probabilă a *p*H-ului suspensiei apoase în stratul arat al unor soluri inițial saturate cu baze, în condițiile aplicării an de an a azotatului de amoniu în doze anuale de 40—160 kg N/ha (debazificarea medie specifică de 0,001 me/kg N/100 g sol) (după B o r l a n și H e r a, 1984).

Scanned with OKEN Scanner

Este mai puțin higroscopic decît azotatul de amoniu, nu prezintă pericol de explozie, conține sulf și are o tehnologie simplă de fabricare.

Se obține din azotat de amoniu și sulfat de amoniu pe trei căi:

— amestecul mecanic, în stare uscată, în proporții egale, a celor două săruri (Salpetru de Leuna);

— introducerea sulfatului de amoniu în soluția fierbinte de azotat de amoniu (83%);

— neutralizarea cu amoniac a unui amestec de acid azotic (55%) și acid sulfuric (77%) la 135—150°C (Salpetru de Montana).

Produsul conține 25—25,6% N, din care 18—19% sub formă amoniacală și 7—8% sub formă nitrică.

Nitrocalcamoniu — $NH_4NO_3 \cdot CaCO_3$. (Azotat de amoniu cu calciu și magneziu; nitrocalcar)

Industria pune la dispoziția agriculturii și un amestec de azotat de amoniu cu carbonați de calciu și magneziu sub numele de nitrocalcar. Obținerea acestui produs urmărește înlăturarea caracterului exploziv al azotatului de amoniu și a reacției sale fiziologic acide. Neajunsul produsului este micșorarea conținutului de substanță activă și un preț ceva mai ridicat pe unitatea de substanță activă (N_2) comparativ cu azotatul de amoniu (C a l i s t r u ș.a., 1984).

În procesul de amestecare pot avea loc reacții nedorite:

$$2NH_4NO_3 + CaCO_3 \rightleftharpoons Ca(NO_3)_2 + (NH_4)_2CO_3$$

$$(NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons 2NH_3 + CO_2 + H_2O$$

Azotatul de calciu mărește aglomerabilitatea nitrocalcarului față de aceea a azotatului de amoniu, iar carbonatul de amoniu se descompune cu trecerea amoniului în faza gazoasă.

Cele mai bune proprietăți fizice le are produsul alcătuit din 60% azotat de amoniu și 40% carbonat de calciu, ceea ce corespunde la un conținut de 20,5% N. Costă cu 15—20% mai mult decît azotatul de amoniu.

La noi în țară se fabrică un produs ce conține 28% azot total, cu o umiditate maximă de 3%, iar mai recent se obține un produs cu 33% N prin adaos de uree (nitrocalcuree).

Nitrocalcarul se prezintă sub formă de granule neregulate, de mărimi diferite (1—2 mm), albe, galbene, verzi, după culoarea impurităților din carbonatul de calciu sau dolomită.

Este un îngrășămînt cu reacție fiziologică bazică și se recomandă pe solurile cu reacție acidă, avînd eficiență mai mare ca azotatul de amoniu.

Cînd la obținerea nitrocalcarului se folosește pulbere de dolomită, se obține un îngrășămînt cu calități superioare deoarece conține și magneziu.

O altă variantă a nitrocalcarului este gips-amoniu nitrat care conține gips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) în loc de carbonat de calciu.

Există tendința să se fabrice nitrocalcar cu un conținut cît mai mare în azotat de amoniu.

Folosirea îngrășămintelor cu azot nitric și amoniacal. Azotatul de amoniu se dizolvă repede și total în soluția solului. Din soluția azotatului de amoniu plantele absorb mai repede cationul NH_4^+ decît anionul NO_3^-. De aceea azotatul de amoniu este un îngrășămînt fiziologic acid.

După introducerea în sol, azotatul de amoniu intră în reacție cu complexul adsorbtiv al solului:

$$Sol\begin{bmatrix}Ca^{2+}\\Ca^{2+}\end{bmatrix} + 2NH_4NO_3 \longrightarrow Sol\begin{bmatrix}NH_4^+\\NH_4^+\\Ca^{2+}\end{bmatrix} + Ca(NO_3)_2$$

Scanned with OKEN Scanner

Ca rezultat al absorbției cu schimb, amoniul este reținut de coloizii solului, iar NO_3^- formează în soluție săruri cu calciu, magneziu și alți cationi.

Pe solurile podzolice, cunoscute ca avînd un *p*H scăzut, introducerea azotatului de amoniu provoacă acidifierea și mai mare a soluției solului:

$$\text{Sol}\begin{bmatrix}H^+\\Ca^{2+}\end{bmatrix} + 3NH_4NO_3 \longrightarrow \text{Sol}\begin{bmatrix}NH_4^+\\NH_4^+\\NH_4^+\end{bmatrix} + HNO_3 + Ca(NO_3)_2$$

Acidifierea locală a soluției solului are caracter temporar; o dată cu asimilarea ionilor NO_3^- de către plante, aceasta dispare iar scăderea temporară a *p*H-ului soluției solului duce la slăbirea creșterii și dezvoltării plantelor tinere, deoarece are loc solubilizarea hidroxizilor de aluminiu, care au efect toxic pentru plante.

Pe solurile cu capacitate scăzută de tamponare, azotatul de amoniu produce o acidifiere temporară în urma procesului de oxidare biologică a amoniului:

$$2NH_4NO_3 + 4O_2 = 4HNO_3 + 2H_2O.$$

Ca eficiență, azotatul de amoniu ocupă unul din primele locuri între îngrășămintele cu azot. Poate fi folosit pentru diferite culturi, pe toate solurile țării noastre. Pentru mărirea eficienței sale în cazul folosirii sistematice pe soluri cu capacitate scăzută de tamponare (soluri podzolice), se aplică amendamente calcaroase. Influența negativă a aciditătii potențiale a azotatului de amoniu poate fi îndepărtată pe calea neutralizării cu carbonat de calciu (la 1 kg îngrășămînt, 1 kg $CaCO_3$).

Îngrășămintele din această categorie se pot aplica înainte de semănat, o dată cu semănatul și ca fertilizare suplimentară. Prezența azotatului sub forma ionilor NO_3^- și NH_4^+ face ca aceste îngrășăminte să fie preferate altora, permițînd să fie diferențiate dozele, epocile și metodele de aplicare funcție de plantă, sol și climă.

În condiții de climă umedă, mai ales pe soluri ușoare unde sînt posibile spălări ale ionilor NO_3^-, aplicarea azotatului de amoniu toamna, o dată cu arătura, este mai puțin eficientă decît primăvara înainte de semănat. În zonele mai uscate și cu soluri grele azotatul de amoniu poate fi aplicat toamna, nefiind pericolul pierderilor prin spălare. Doze mici de azotat de amoniu (10—15 kg N/ha), împreună cu alte îngrășăminte, se pot introduce pe rînduri în scopul stimulării pornirii în vegetație a culturilor (cartofi, legume etc.).

Azotatul de amoniu este un îngrășămînt excelent pentru a fi aplicat primăvara la culturile de toamnă. Poate fi folosit și la fertilizarea suplimentară a culturilor prășitoare și a legumelor, introdus între rînduri la o adîncime de 10—15 cm.

Îngrășăminte cu azot sub formă amidică

Aceste îngrășăminte conțin azot sub formă amidică (ureea) ori eliberează amida după transformarea în interacțiune cu solul (cianamida de calciu).

Azotul amidic și produșii intermediari de descompunere pot servi direct ca substanțe nutritive; în sol are loc convertirea lor la ioni de amoniu și nitrat.

Îngrășămintele cu azot amidic, împreună cu azotatul de amoniu, sînt constituenți ai îngrășămintelor cu azot aplicate sub formă de soluții.

Cianamida de calciu — $CaCN_2$

A fost produsă încă din 1905 prin metoda Frank-Caro, iar astăzi producerea sa este în descreștere din cauza consumului ridicat de energie.

Se poate obține pe trei căi: din oxid de calciu și acid cianhidric, din carbonat de calciu și amoniac sau din carbură de calciu și azot. Ca produs chimic pur se prezintă ca o sare albă cristalizată în sistemul hexagonal sau romboidal, ce con-

Scanned with OKEN Scanner

ține 34,98% N. Ca produs tehnic, folosit și ca îngrășământ, are o culoare cenușie-negricioasă, datorită cărbunelui ce rămîne în masă de la fabricare și un conținut de 23% N, calitatea I și 18% N, calitatea a II-a. Solubilitatea în apă este mică, de 2,5 părți la 100 părți apă. Este higroscopică.

Se utilizează ca îngrășământ avînd și efect erbicid și defoliant. Introdusă în sol, hidrolizează și dă o serie de compuși intermediari din care unii pot avea acțiune toxică, mai sensibile fiind cruciferele (conopida și varza), inul, tomatele. După hidroliză intră în reacție cu complexul adsorbtiv al solului:

$$2CaCN_2 + 2H_2O = Ca\ (CNNH)_2 + Ca(OH)_2$$

cianamidă — cianamidă acidă — hidroxid

$$sol\begin{bmatrix}H^+\\H^+\end{bmatrix} + Ca(CNNH)_2 \longrightarrow sol\begin{bmatrix}Ca^{2+}\end{bmatrix} + H_2CN_2$$

cianamidă acidă — cianamidă liberă

Cianamida liberă formată este nocivă pentru plante, dar trece repede în uree:

$$H_2CN_2 + H_2O = CO(NH_2)_2.$$

Ureea, sub influența enzimei urează, trece în carbonat de amoniu care este supus nitrificării. Cianamida de calciu este un îngrășământ alcalin, recomandat pe soluri acide.

Spre a se evita acțiunea dăunătoare a cianamidei libere asupra semințelor sau a plantelor tinere, cianamida se administrează în sol cu 10—14 zile înainte de însămînțare. Nu se aplică pe rînduri o dată cu sămînța sau la cuib și nu se folosește pentru fertilizarea suplimentară în cursul vegetației. Se folosește rar ca îngrășământ, mai frecvent ca defoliant. Efectul său este asemănător îngrășămintelor amoniacale, uneori chiar mai bun.

Ureea — $CO(NH_2)_2$

Pînă în anul 1950 producția de uree s-a menținut, pe plan mondial, la un nivel scăzut. În perioada următoare, producția și consumul de uree a crescut în mod spectaculos. Ca urmare a perfecționărilor tehnologice a scăzut mult costul, devenind cel mai răspîndit îngrășământ simplu cu azot.

Este îngrășămîntul cu azot cel mai ușor de produs. Este universal aplicabil. Conține circa 46% N, reprezentînd cel mai concentrat îngrășământ solid. Este comercializată pe scară largă pe piața mondială a îngrășămintelor, fiind ușor de transportat, fără restricții privind pericolul de explozie, cum se întîmplă cu azotatul de amoniu.

Ureea se amestecă bine cu superfosfatul și sarea potasică, în vederea granulării. Costul transportului, depozitării și împrăștierii pe unitatea de substanță activă revine mai ieftin datorită concentrației sale mai ridicate în azot.

Industrial ureea se obține din amoniac și dioxid de carbon, la presiune (100—200 atm) și temperatură ridicată (130—190°C), cu obținerea carbonatului de amoniu ca produs intermediar:

$$2\,NH_3 + CO_2 \longrightarrow O{=}C\begin{matrix}NH_2\\ONH_4\end{matrix} + 38\ kcal$$

$$O{=}C\begin{matrix}NH_2\\ONH_4\end{matrix} \longrightarrow O{=}C\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix} + H_2O + 8\ kcal$$

Ureea este o substanță cristalină, de culoare albă, fără miros. La presiune atmosferică și temperaturi de 160—170°C, descompunerea ureei are loc cu formare

Scanned with OKEN Scanner

de biuret și eliberare de amoniac, în urma reacției de condensare a două și, respectiv, trei molecule de uree:

$$H_2N—CO—NH_2 + H_2N—CO—NH_2 \longrightarrow H_2N—\boxed{CO—NH}—CO—NH_2 + NH_3$$

În sol, biuretul se descompune în decurs de 10—15 zile, de aceea ureea se aplică cu cîteva săptămîni înainte de semănat.

Ca îngrășămînt, ureea nu trebuie să conțină mai mult de 1,5% biuret, întrucît acesta poate avea o acțiune toxică asupra plantelor, și 0,2% cînd se utilizează ca adaos în hrana rumegătoarelor.

Ureea posedă proprietăți caracteristice amidelor, precum și aceea de a condensa cu aldehidele. Această din urmă însușire stă la baza obținerii unor îngrășăminte cu azot ce au acțiune lentă.

Se livrează mai ales sub formă de granule. La umiditate de 0,5—1,7% și granule de 0,5—2,0 mm, densitatea sa este între 670—736 kg/m³, funcție de compoziția granulometrică.

Ureea granulată are o higroscopicitate scăzută și prezintă bune proprietăți de păstrare și împrăștiere. Se dizolvă ușor în apă, circa 100 g de uree în 100 g apă la 20°C.

Ureea reacționează cu acizii azotic și fosforic dînd compuși complecși: azotatul de uree $[CO(NH_2)_2 \cdot HNO_3]$ și fosfatul de uree $[CO(NH_2)_2 \cdot H_3PO_4]$ care se dizolvă foarte ușor în apă. Cu multe săruri formează combinații complexe. Prin intermediul combinațiilor ureei cu sărurile anorganice se pot introduce ușor în sol microelemente (Zn, Mn, Cu etc.), care astfel se asimilează ușor de către plante.

Folosirea îngrășămintelor cu azot sub formă amidică. La temperaturi mai mari de 15°C ureea introdusă în sol hidrolizează rapid, în două-trei zile pe solurile bogate în materie organică și în 7—10 zile pe celelalte. Transformările sînt activate de enzimele ureazice din sol și urobacterii:

$$OC\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix} + H_2O \longrightarrow OC\begin{matrix}NH_2\\ONH_4\end{matrix} + H_2O \longrightarrow OC\begin{matrix}ONH_4\\ONH_4\end{matrix}$$

Rezultă, la început, carbamatul de amoniu, o sare ușor bazică, apoi carbonatul de amoniu care se poate descompune în bicarbonat de amoniu și hidroxid de amoniu:

$$(NH_4)_2CO_3 + H_2O \longrightarrow NH_4HCO_3 + NH_4OH$$

Produșii de hidroliză pot fi mai departe supuși nitrificării, sau rezultă amoniac, care se pierde parțial în atmosferă, mai ales cînd temperatura depășește 5°C. În primele 2—3 zile de la aplicare, molecula de uree se poate leviga cu ușurință din sol. De aceea irigarea nu trebuie făcută mai devreme de 4—5 zile de la aplicare. Amoniacul ce rezultă în timpul hidrolizei, parțial este reținut la complexul adsorbtiv, parțial se nitrifică sau se pierde prin volatilizare. Gruparea $—NH_2$, ca și alți compuși intermediari, pot fi asimilați direct de către plante.

Pe solurile podzolice ureea este superioară azotatului de amoniu. Poate fi încorporată în sol atît primăvara timpuriu, cît și în cursul vegetației. Cînd se aplică la suprafața solului există pericolul pierderii azotului, prin volatilizare, pierderi ce pot atinge 20—25%. Nu este indicată aplicarea ei localizat, la cuib sau pe rînduri o dată cu sămînța, fiindcă amoniacul ce rezultă în timpul hidrolizei poate vătăma semințele germinate.

Se poate aplica extraradicular. Este preferată de o serie de plante ca: citricele, piersicul, ridichea, tutunul, care folosesc direct azotul amidic.

Scanned with OKEN Scanner

Îngrăşăminte cu azot lent solubile

Avantajele îngrăşămintelor cu azot lent solubile sînt:

— eliberarea gradată a azotului în timp, pe o perioadă de mai multe luni, prevenind în acelaşi timp pierderile prin levigare;

— nu apar fenomene de ardere a culturilor, în special în grădini, parcuri, gazon etc., cînd se aplică doze ridicate în timpul vegetaţiei, la suprafaţă;

— reduce efectul toxic la pomi sau plante ornamentale atunci cînd se aplică local;

— sînt uşor de manipulat şi au stabilitate în depozitare.

Îngrăşămintele cu azot lent solubile trebuie considerate ca un mijloc complimentar de fertilizare, adăugate la îngrăşămintele lichide, şi nu unul de substituire a lor.

Aceste îngrăşăminte sînt produşi de condensare a ureei cu diferite aldehide (formică, izobutilică, crotonică, acetică), conţinînd azotul într-o formă greu solubilă, dar asimilabil în întregime de către plante pe o perioadă de mai mulţi ani. Sînt îngrăşăminte cu acţiune lentă comparativ cu celelalte îngrăşăminte care acţionează repede. Ele permit o aprovizionare uniformă pe perioade mai lungi. O singură aplicare cu astfel de îngrăşăminte în timpul semănatului previne concentraţiile excesive la începuturile creşterii şi lipsurile de la sfîrşitul perioadei de vegetaţie (I o v i, 1977). Au fost sintetizate mai ales în ultimele decenii. Unii dintre compuşi se obţin prin procese de condensare a ureei, de exemplu, prin legarea ureei la alte molecule. Azotul se află fie în lanţuri lungi, fie în compuşi ciclici. Inconvenientul acestor îngrăşăminte este costul lor ridicat, de unde şi utilizarea lor restrînsă.

Îngrăşămintele ureoformaldehidice (Ureaform). Se prezintă sub forma unui praf alb, amorf, care conţine circa 40% azot, din care 75—80% se găseşte în formă greu solubilă, dar asimilabil în întregime de către plante.

Izobutilidendiuree (IBDU; Izodur). Se obţine prin condensarea ureei cu aldehidă butirică în prezenţa unor cantităţi mici de acid sulfuric. Rezultă un produs solid, cu 32% N şi 8% umiditate.

Crotonilidendiureea (CDU, Crotodur, Cyclo-Di-Ureea). Se obţine prin condensarea aldehidei crotonice cu uree şi conţine 30% N.

Îngrăşăminte lichide cu azot

Amoniacaţii şi soluţii ale îngrăşămintelor cu azot. Sînt îngrăşăminte lichide cu azot ce conţin săruri simple (azotat de amoniu, azotat de calciu, uree) sau amestecurile acestora, dizolvate în soluţie apoasă de amoniac sau amoniac lichid. Conţin 30—40% N.

Soluţiile cu azot au un sistem numeric de caracterizare, acceptat de industria îngrăşămintelor. În acest sistem, procentul de azot total, cu punctul decimal omis, este însoţit de trei cifre scrise între paranteze, care exprimă procentul de amoniac, azotat de amoniu şi uree; poate fi şi a patra cifră, care reprezintă orice altă sursă semnificativă de azot. De exemplu, o soluţie etichetată „206 (25—0—0)" are semnificaţia unui conţinut de 20,6% N total şi 25% amoniac. Soluţia „414 (19—66—6)" conţine 41,4% N total, 19% amoniac, 66% azotat de amoniu şi 6% uree. Soluţiile cu joasă presiune sau fără presiune sînt uşor de folosit. Pentru aplicarea soluţiilor pe teren poate fi folosită aviaţia.

Toată aparatura folosită la obţinerea, depozitarea şi încorporarea amoniacaţilor în sol se confecţionează din aluminiu sau oţel inoxidabil. Rezervoarele se căptuşesc cu cauciuc sau material plastic.

Caracteristicile îngrăşămintelor lichide cu azot sînt date în tabelul 5.9. În perspectivă pot fi livrate şi altele care prezintă o anumită tensiune a amoniacului la suprafaţa lichidului.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.9

Caracteristici ale îngrășămintelor lichide pe bază de uree-azotat de amoniu omologate în România

Tipul	Conținutul de N ca:			pH	Corozivitate*
	NO_3^-	NH_4^+	$(NH_2)_2CO$		
A_{280} (0-39-30)	6,91	6,91	14,23	6,8—7,8	Moderată
A_{300} (0-42-32)	7,38	7,39	15,25	6,8—7,8	Moderată
A_{320} (0-45-34)	7,89	7,90	16,23	5,8—7,8	Moderată

* Corozivitatea exprimată față de alamă, bronz, zinc și alte metale neprotejate.

Carboamoniacații. Sînt îngrășăminte lichide cu azot obținute din amoniacați pe bază de amoniu, de uree sau de azotat de amoniu — uree, în care cea mai mare parte a amoniului liber care este carbonat nu depășește 4%. Dioxidul de carbon are pe de o parte scopul de a micșora tensiunea vaporilor de amoniac la suprafața lichidului, pe de altă parte el mărește eficiența agrochimică a îngrășămîntului. Carboamoniacații sînt îngrășăminte de mare eficacitate agronomică. Tensiunea vaporilor la suprafața soluțiilor fiind scăzută, pierderile de amoniac în timpul depozitării, transportului și încorporării sînt minime.

În funcție de cantitatea de NH_4NO_3 și $CO(NH_2)_2$, precum și de raportul lor se poate obține o gamă largă de carboamoniacați.

Aplicarea și eficiența îngrășămintelor chimice cu azot

Aplicarea corectă și eficientă a îngrășămintelor cu azot presupune cunoaștere a însușirilor solului și a cerințelor culturilor în azot. Pentru stabilirea dozelor, formelor epocilor și metodelor de aplicare a îngrășămintelor cu azot este necesar să se cunoască rezerva solului în azot, transformările suferite de îngrășămînt și coeficientul de utilizare a azotului din acestea de către plante.

Coeficientul de utilizare a azotului din îngrășămintele chimice în întreaga perioadă de vegetație a plantelor anuale este între 40—80% (în mod curent 50—60%).

Valorile relativ cele mai reduse ale coeficientului de utilizare se întîlnesc pe acele soluri în care pierderile de azot prin levigare pot atinge valori ridicate, așa cum sînt de exemplu psamosolurile. O utilizare de 100% este imposibilă, deoarece o parte din azotul îngrășămîntului este fixat în humus, iar alta se pierde sub formă lichidă sau gazoasă în mod inevitabil (fig. 5.11). Fixarea azotului în compuși organici este mai mare la îngrășămintele amoniacale și uree (40% din cel introdus)

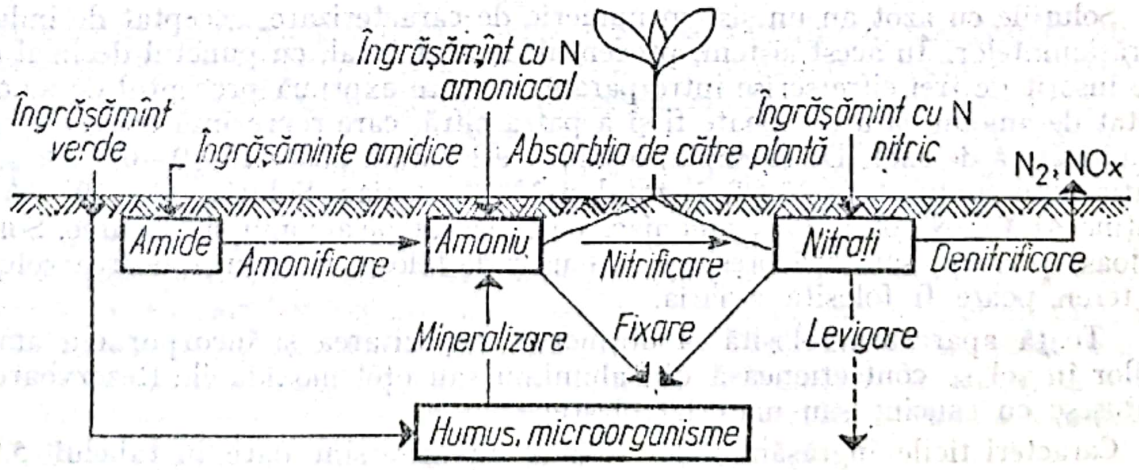


Fig. 5.11. Schema transformărilor suferite de azotul din îngrășăminte, după introducerea acestora în sol (după F i n k, 1982).

Scanned with OKEN Scanner

decît la nitraţi (20%). În ceea ce priveşte pierderile de azot prin denitrificare şi levigare, acestea variază în funcţie de mai mulţi factori.

Prin denitrificare se pierde în medie 5—25% din îngrăşămintul adăugat în timp ce prin levigare proporţia poate fi mai mult sau mai puţin largă depinzînd de textura solului, regimul hidric şi doza de azot aplicată. În general pe solurile cu textură medie sau grea cantitatea de azot pierdută prin levigare este redusă în condiţiile unei agrotehnici raţionale. Cea mai mare parte din îngrăşămîntul aplicat devine inaccesibilă pentru cultură în anul în curs datorită procesului de imobilizare în materia organică — ca urmare a prezenţei resturilor vegetale rămase pe teren de la cultura premergătoare.

La micşorarea pierderilor de N şi creşterea eficienţei îngrăşămîntului o mare importanţă are aplicarea lor la momentul potrivit, în doze optime şi corelarea cu celelalte îngrăşăminte, în concordanţă cu un sistem raţional de lucrare a solului cu asolamentul şi cu regimul corect de irigare. Plantele reacţionează diferit la aplicarea îngrăşămintelor chimice cu azot.

În funcţie de modul cum reacţionează plantele la aplicarea îngrăşămintelor cu azot, acestea se pot grupa astfel:

— reacţionează foarte bine: speciile furajere, conopida, sfecla de zahăr, sparanghelul, tutunul, cartoful;

— reacţionează bine: grîul, porumbul, ovăzul, plantele de pajişte, castraveţii, morcovul, varza, pătlăgelele vinete, pepenii, dovleacul, ceapa, mărul, părul, viţa de vie;

— reacţionează potrivit: orzul, secara, păstîrnacul, dovlecii, speciile de leguminoase.

Pe baza cercetărilor agrochimice se pot preciza pentru fiecare cultură în parte forma, epoca, metoda şi dozele de îngrăşăminte chimice cu azot.

Alegerea formei de îngrăşămînt. Reacţia solului constituie factorul determinant în alegerea tipului de îngrăşămînt (H e r a, 1984):

— pe soluri acide (cu pH sub 6,3) se recomandă îngrăşămintele cu reacţie neutră sau alcalină: uree, nitrocalcar, azotat de sodiu sau azotat de calciu;

— pe soluri cu reacţie relativ neutră (pH între 6,4—7,3) se poate aplica orice fel de îngrăşămînt, în special azotat de amoniu, uree, sulfat de amoniu, apă amoniacală;

— pe solurile cu reacţie alcalină (pH peste 7,5) se recomandă sulfatul de amoniu şi uneori ureea.

Epoci de administrare a îngrăşămintelor cu azot. Îngrăşămintele cu azot se pot aplica integral înaintea însămînţării culturilor sau se pot aplica fracţionat, adică în mai multe reprize în timpul vegetaţiei (îngrăşare fazială). Aplicarea fracţionată asigură nutriţia cu acest element în perioadele consumului maxim al plantelor de cultură, previne creşterea presiunii osmotice a soluţiei solului şi acidifierea temporară a acesteia, care poate avea loc în cazul cînd întreaga doză se aplică deodată.

Se recomandă aplicarea unei părţi din doză sau a dozei integrale în cursul perioadei de vegetaţie (V i n t i l ă, 1984) la următoarele culturi: unele legume, cartofi de toamnă, viţa de vie pe rod, sfecla de zahăr, floarea-soarelui (30%), sfeclă furajeră şi orez (40%), porumb, trifoi roşu (50%), cereale de toamnă (60%), borceag de toamnă (70%), graminee pentru fîn irigate (80%), leguminoase pentru boabe şi furajere şi pajişti permanente (100%).

Pentru a asigura o intrare bună în vegetaţie, cerealele păioase au nevoie în toamnă de o cantitate scăzută de azot (1/3—1/2 din totalul dozei). Administrarea îngrăşămintelor în faza de înspicare o dată cu apa de irigat influenţează semnificativ doar calitatea grîului (conţinutul de proteină brută, de gluten şi volumul pîinii), comparativ cu administrarea de toamnă sau în faze mai timpurii de vegetaţie. Aplicarea azotului în primăvară este superioară celei de toamnă doar în

Scanned with OKEN Scanner

anii cu precipitații bogate în perioada de toamnă-primăvară, mărind totodată conținutul în N din bob și reducîndu-l pe cel de amidon. Coeficientul de utilizare a N din îngrășăminte crește cu 8—10% prin aplicarea fracționată a dozei toamna și primăvara în cazul grîului de toamnă. La porumb se realizează sporuri mari de producție prin fracționarea dozei—jumătate toamna și jumătate primăvara sau să se facă ambele aplicări în primăvară în funcție de condițiile de sol și climă. La floarea-soarelui se recomandă aplicarea fracționată a dozei la semănat și la prașila a II-a.

La leguminoase, creșteri semnificative de producție s-au obținut prin aplicare a 30 kg N/ha înainte de înflorit. Fertilizarea cu doze mici la semănat a dus la creșterea coeficientului de utilizare a azotului, mărirea producției și a cantității de N fixat simbiotic la soia.

Metode de aplicare a îngrășămintelor cu azot. Metodele de aplicare a îngrășămintelor cu azot diferă după îngrășământ, planta cultivată, tipul de sol etc.

Metoda împrăștierii la suprafața solului și încorporarea îngrășămîntului în sol este folosită la fertilizarea de bază. Îngrășămintele cu azot amoniacal și ureea trebuie imediat încorporate în sol pentru evitarea volatilizării.

Metoda administrării localizate a îngrășămintelor se referă la introducerea îngrășămintelor în sol o dată cu semănatul, lateral și sub nivelul seminței sau în perioada de vegetație. Prezintă avantajul asigurării plantelor cu azot încă de la începutul vegetației. La porumb, această metodă, îmbinată cu împrăștierea îngrășămintelor la fertilizarea de bază, dă cele mai bune rezultate.

Aplicarea îngrășămintelor o dată cu apa de irigație prezintă avantajul administrării azotului în pericadele de consum maxim, cînd plantele se află într-un stadiu avansat de vegetație.

Aplicarea foliară duce la creșterea coeficientului de utilizare a azotului și la scăderea cantității de azot levigat.

Stabilirea dozelor de îngrășăminte cu azot. La stabilirea dozelor de îngrășăminte cu azot este necesar să se țină cont de o serie de factori ce condiționează nivelul și calitatea recoltei (vezi cap. 7).

În vederea determinării dozelor efectiv aplicabile se impun unele corecții funcție de aportul de azot adus prin gunoiul de grajd, de cel adus de culturile leguminoase, de introducerea în sol a resturilor vegetale celulozice, de neasigurarea culturilor cu P și K, de rezerva de nitrați în sol, de analiza foliară sau a altor țesuturi verzi, de regimul pluviometric din anul de cultură și din cel precedent (H e r a, 1984).

Producțiile cele mai mari la grîu s-au realizat după mazăre, iar cele mai mici după sfecla de zahăr, chiar în cazul fertilizării cu azot.

Mărimea dozei de N este influențată și de soiul sau hibridul cultivat. Soiurile și hibrizii introduși în ultimul timp în cultură au o capacitate mare de valorificare a îngrășămintelor. Hibrizii de porumb HS 218, HD 225 și HS 412 reacționează puternic la îngrășăminte. Dozele medii recomandate sînt cuprinse între 115—134 kg N/ha.

La grîu, în condițiile luvisolului de la Albota, dozele optime economice variază în jur de 100 kg/ha la soiurile de grîu Doina, Lovrin 24 și Iulia și în jur de 170 kg/ha la Dacia și Ceres.

La stabilirea dozelor de îngrășăminte cu azot este necesar să se ia în considerare și tipul de sol. Eficiența îngrășămintelor cu azot este mai mare pe solurile podzolice, pe care producția crește pînă la un anumit nivel aproape proporțional cu mărirea dozei de azot. Există o mare variabilitate a dozei de azot la cultivarea porumbului în funcție de tipul de sol. Doza optimă de azot pe cernoziomul cambic de la Fundulea s-a constatat a fi în jur de 111 kg/ha și 32 kg P_2O_5/ha, realizînd o producție medie de 6 280 kg/ha, iar pe luvisolul albic de la Albota de 101 kg N/ha și 65 kg P_2O_5/ha, cu o producție medie de 4 850 kg/ha (H e r a, 1976). Sporurile

Scanned with OKEN Scanner

de producție raportate la 1 kg s.a. din îngrășămînt sînt de 6—20 kg boabe, în funcție de doză.

Răspunsurile la aplicarea azotului sînt limitate de aprovizionarea nesatisfăcătoare cu apă. Precipitațiile din anul de cultură și cel anterior modifică doza de azot. În condițiile din sudul României la depășirea cantității de 200 mm precipitații în intervalul octombrie-februarie, doza optimă trebuie majorată cu 5—6 kg N/ha pentru fiecare 10 mm de precipitații în plus.

La porumb cultivat pe cernoziomul cambic de la Fundulea se obțin circa 10 kg spor de producție la un kg N s.a., aplicat solului.

La aplicarea îngrășămintelor cu azot trebuie să se țină seama și de eficiența lor economică, ținînd cont că sînt îngrășăminte obținute printr-un consum foarte ridicat de energie fosilă.

Teste recapitulative

5.2.1. Descrieți circuitul azotului în natură (relațiile azotului cu planta, solul și microorganismele din sol).
5.2.2. Prezentați îngrășămintele chimice cu azot, a căror reacție este potențial acidă după aplicarea în sol. Arătați transformările suferite de acestea după aplicarea în sol și eficiența lor.
5.2.3. Caracterizați îngrășămintele chimice cu azot a căror reacție, după aplicarea în sol, este potențial bazică. Prezentați transformările suferite de acestea și eficiența lor.

5.3. AGROCHIMIA FOSFORULUI

Circuitul natural al fosforului este deosebit de cel al azotului. Solurile conțin cantități mai scăzute de fosfor decît cele de azot sau potasiu. Pe de altă parte, fosforul are tendința de a intra în reacție cu constituenții solului spre a forma compuși insolubili și greu accesibili plantelor, ceea ce impune aplicarea de îngrășăminte. Pentru folosirea rațională a îngrășămintelor, trebuie să se cunoască bine relațiile ce se stabilesc între plantă și sol.

5.3.1. FOSFORUL ÎN VIAȚA PLANTELOR

Rolul și formele fosforului din plante. Fosforul se găsește în plante sub formă de compuși organici și anorganici.

Fosforul organic se găsește în anumiți compuși cu rol esențial în viața plantelor. Astfel este componentul principal al acizilor nucleici (ADN, ARN) și al mononucleotidelor macroergice care înmagazinează și transferă energie în plantă. Acizii nucleici sînt cei mai importanți compuși organici cu fosfor din plantă, prin faptul că participă la procesele vitale din organismul vegetal. ADN-ul este purtătorul informației genetice, iar diverse forme de ARN participă la sinteza proteinelor. Acizii nucleici puri conțin aproximativ 15% azot și 10% fosfor. Acizii nucleici se găsesc în toate celulele vegetale. De asemenea, ionul fosfat este component al fosfolipidelor, care intră în constituția nucleului celular și a membranelor celulare. Ionul fosfat este implicat în numeroase procese metabolice (fotosinteză, glicoliză, respirație, biosinteza glucidelor, lipidelor, protidelor, enzimelor etc.)

Paiele cerealelor conțin aproximativ 0,15% P_2O_5, iar boabele conțin de circa cinci ori mai mult. Concentrația fosforului în plante este de aproximativ zece ori mai mică decît cea a azotului, fiind de circa 0,2%, cu variații în funcție de specie. Procentul de fosfor din plantă depinde și de prezența altor specii de ioni în mediul de nutriție.

Fosforul mărește rezistența cerealelor la secetă, la ger și la cădere. Favorizează formarea nodozităților la leguminoase și creșterea cantității de azot fixat.

Scanned with OKEN Scanner

Esterii fosforici sînt prezenți în toate țesuturile plantelor. Acești compuși joacă rol esențial în respirație, în biosinteza glucidelor, în procesul fotosintezei, la transformările glucidelor. Conținutul de esteri fosforici se schimbă în funcție de condițiile de nutriție și de alți factori.

În plantele în creștere fosforul se concentrează mai ales în țesutul meristematic, putînd fi transferat din țesuturile mature în cele tinere. La maturitate, fosforul este transferat în semințe și fructe.

Principalii compuși organici ai fosforului în semințe sînt: fitina (inozitol hexafosfatul de calciu și magneziu), fosfatidele și acizii nucleici. În semințe predomină compușii organici ai fosforului sub formă de fitină (tabelul 5.10). Peste 80% din fosforul total al bobului de grîu este sub formă de fitină. În timpul germinației, fosforul din fitină este convertit în alte forme de fosfat necesare în metabolismul tinerelor plante. Semințele de plante leguminoase conțin 1—2% fitină, cele de oleaginoase 2—3%, iar gramineele conțin 0,5—1%.

Tabelul 5.10

Compușii fosforului din plante (P_2O_5% față de substanța uscată) (după Peterburgski, 1982)

Cultura	Conținut total de fosfor	Fosfor organic					Fosfor mineral	În % din P total	
		Lecitină	Fitină	Nucleo-proteide	Alți compuși	Total		organic	mineral
Grîu boabe	0,860	0,032	0,600	0,130	0,009	0,771	0,089	89,6	10,4
Trifoi fin	0,554	0,050	0,300	0,050	0,084	0,484	0,070	87,0	13,0

Fosfatidele (fosfolipide) sînt substanțe complexe ce conțin în molecula lor un alcool (glicerina), o bază azotată (colina, colamina sau serina), acizi grași cu moleculă mare și acid fosforic, reprezentanții lor cei mai importanți fiind lecitina și cefalina. Fosfatidele acționează ca agent de legătură între structurile celulare hidrofile și hidrofobe. Lecitina se întîlnește în citoplasma tuturor celulelor active ale plantei, dar mai ales în semințe. Fosfatidele se găsesc în special în membrana celulară, în tonoplast, în membrana cloroplastelor și în alte țesuturi avînd un rol structural. Ele joacă rol în reglarea permeabilității membranei celulare. În semințe se acumulează mai mult în embrion și mai puțin în endosperm, semințele de leguminoase fiind mai bogate în fosfatide comparativ cu cele de graminee (1,8—2% la soia, 0,3—0,7% la porumb, grîu).

Fosforul anorganic se întîlnește în toate celulele vii, mai ales în frunze, tulpini și rădăcini, în timp ce în semințe se află în cantitate foarte mică sau lipsește. El constituie o rezervă pentru plante, putînd fi transferat dintr-un organ în altul spre a fi utilizat la nevoie în procesele biochimice. Prezența fosforului anorganic în frunze, pețioli, lăstari sau tulpini este un indiciu al bunei aprovizionări cu acest element. În cazul insuficienței din sol, conținutul plantei în fosfor anorganic scade, forma organică fiind puțin afectată (*P lipidic, P proteic* etc.).

Absorbția și translocarea fosforului în plantă. Absorbția fosforului în plantă se face prin intermediul rădăcinilor. Fosforul poate pătrunde în țesutul vegetal și prin frunze, tulpină sau alte organe. Pătrunderea ionilor de ortofosfat în rădăcină este un proces de schimb ionic. Din rădăcini, ionii fosfat sînt trecuți în partea aeriană a plantei. Conținutul rădăcinilor în ioni fosfat este de 100 pînă la 1 000 ori mai ridicat decît cel al soluției solului. Aceasta arată că absorbția lor în rădăcină are loc împotriva gradientului concentrației din sucul celular. Intensitatea absorbției fosforului în rădăcini crește cu creșterea concentrației acestuia în soluția

Scanned with OKEN Scanner

solului. La majoritatea culturilor de cîmp, concentrația de 0,2—0,3 ppm P în soluția solului este satisfăcătoare obținerii unor producții mari.

Hagin și Tucker, (1982), menționează concentrații optime cuprinse între 0,03—0,7 ppm fosfor. Plantele s-au adaptat la nutriția din soluții diluate. Porumbul, ovăzul, grîul și mazărea se pot aproviziona cu fosfor din soluții conținînd între 0,01—0,03 mg fosfor la litru. Rezultă că fosforul din soluția solului se reînnoiește de mai multe ori în timpul perioadei de vegetație.

Distanțele pe care le parcurg ionii fosfat, din locul trecerii lor în soluție pînă la punctul de asimilare de către rădăcină sînt de ordinul milimetrilor (Blanchet, 1965) și nu pot fi preluați de rădăcină dacă se află la mai mult de 2 mm.

Viteza de deplasare a ionilor fosfat este micșorată și datorită proceselor de fixare a lor și solubilității foarte scăzute a compușilor fosforului din sol.

Contactul direct rădăcină — sol nu asigură decît în foarte mică măsură nutriția cu fosfor a plantelor. Mecanismul de difuziune a ionilor fosfat reprezintă procesul esențial de aprovizionare a rădăcinii cu fosfor. Pentru intensificarea absorbției fosforului de către plante trebuie favorizată creșterea sistemului radicular prin lucrarea solului, adîncirea orizontului arabil, menținerea umidității și o aerisire bună. Pe măsură ce soluția din vecinătatea rădăcinii este consumată, ionii fosfat din fracțiunea solidă a solului în prezența apei trec în soluție și se deplasează în zona epuizată, prin difuziune.

Plantele absorb cea mai mare parte a fosforului din soluția solului ca ion ortofosforic primar, $H_2PO_4^-$ și mai puțin ca ion ortofosforic secundar, HPO_4^{2-}. Ionul $H_2PO_4^-$ este absorbit mai repede decît HPO_4^{2-} (tabelul 5.11). În condiții naturale, cînd *p*H-ul soluției este între 5 și 7 plantele găsesc în soluția solului în primul rînd ionul $H_2PO_4^-$ și mai puțin HPO_4^{2-}.

Tabelul 5.11

Influența *p*H-ului asupra acidului fosforic și a ionilor săi în spl, %
(după Peterburgski, 1982)

Acidul, ionii	*p*H			
	5	6	7	8
H_3PO_4	0,10	0,01	—	—
$H_2PO_4^-$	97,99	83,68	33,90	4,88
HPO_4^{2-}	1,91	16,31	66,10	95,11
PO_4^{3-}	—	—	—	0,01

Anumite specii de plante au capacitatea de a asimila fosforul din fosfații superiori de calciu greu solubili. Asemenea culturi sînt: lupinul, hrișca, muștarul, mazărea, sulfina, sparceta și cînepa. Capacitatea plantelor de a folosi în absorbție fosfații greu solibili se explică prin secrețiile lor radiculare. În pelicula de soluție situată pe suprafața perișorilor absorbanți ai rădăcinii de lupin, *p*H-ul este de 4—5, iar la trifoi *p*H-ul este între 7—8. Așa se explică de ce lupinul dizolvă fosforitul, iar trifoiul nu dizolvă (Peterburgski, 1982). Din fosfații terțiari de fer și aluminiu, fosforul este foarte puțin accesibil.

Fosfatul absorbit de rădăcini este implicat rapid în procesele metabolice. Jackson și Hagen (1960) au arătat că după 10 minute de la absorbție, 80% din ionii fosfat au fost încorporați în compuși organici.

Viteza de deplasare a ionilor fosfat din mediul extern în plantă și în interiorul ei este de circa 100 ori mai mare decît ritmul difuziei și al osmozei. În faza de formare și maturare a organelor de reproducere se observă o energică deplasare a fosfaților din părțile vegetative ale plantei (paie, ramuri, frunze) către boabe sau fructe.

Scanned with OKEN Scanner

Nevoia de fosfor a plantelor în raport cu vîrsta și fazele de vegetație. Cerințele plantelor cultivate față de fosfor sînt mari chiar de la începutul vegetației, de aceea ele trebuie să dispună de o cantitate suficientă de fosfor, care se asigură din rezervele solului și din îngrășăminte. Insuficiența temporară de fosfor produce tulburări profunde de metabolism, care nu se restabilesc chiar dacă ulterior se asigură fosforul necesar.

Fosforul absorbit în primele faze de vegetație asigură nevoile pentru o perioadă lungă de creștere. Plantele de grîu absorb aproximativ 75% din fosforul total necesar în cursul primului sfert al perioadei sale de creștere. Absorbția lui aproape încetează spre sfîrșitul perioadei de creștere maximă. În fazele critice de nutriție (creșterea tulpinii și formarea spicului, de exemplu) consumul de fosfor atinge uneori mai multe kg de P_2O_5/ha/zi.

Adîncimea de distribuție a sistemului radicular poate contribui la buna satisfacere cu fosfor a plantelor. Speciile cu rădăcini profunde (lucernă, porumb, floarea-soarelui, viță de vie, pomi) explorează un volum relativ mare de sol, putînd să-și acopere nevoile lor nutritive cu fosfor. Dimpotrivă, speciile cu sistem radicular superficial (cerealele păioase) au nevoie de un conținut ridicat de fosfați în stratul superficial al solului pentru acoperirea integrală a nevoilor lor. Cele mai multe specii absorb un procent apreciabil de fosfor din straturi situate la 30—40 cm adîncime, circa 10% din fosforul necesar provenind de la adîncimi de peste 1 m (P a g e și G e r w a t z, 1969).

Speciile de plante diferă în ce privește reacția lor față de nivelul de fosfor din sol. Unele culturi cresc relativ bine pe soluri cu conținut scăzut de fosfor accesibil datorită puterii lor solubilizante pentru fosfații greu accesibili, ceea ce explică reacția lor pozitivă la aplicarea îngrășămintelor de tipul fosforitelor.

De asemenea, hibrizii și soiurile se pot deosebi între ele prin capacitatea lor de absorbție a fosforului din sol și prin modul de a reacționa la îngrășămintele aplicate. Aceasta se datorește însușirilor lor genetice.

Culturile care produc cantități mari de masă vegetală au cerințe ridicate de fosfor (varza, sfecla de zahăr). Aprovizionarea nesatisfăcătoare cu fosfor a cerealelor în primele faze de dezvoltare micșorează numărul de spice pe unitatea de suprafață. În perioada de umplere a boabelor, cerealele au, de asemenea, nevoie de fosfor. Aprovizionarea abundentă cu fosfor la cartof intensifică esterificarea fosforică a amidonului în tuberculii de cartof, îmbunătățindu-se astfel calitatea amidonului. Germinația și răsărirea leguminoaselor pe pajiști se face lent în cazul insuficienței fosforului.

În funcție de cerințele lor față de fertilizarea cu fosfor, speciile de plante se clasifică astfel:

— plante cu cerințe relativ ridicate: grîul, sfecla de zahăr, conopida, fasolea, castraveții, ceapa, morcovul, varza de vară și legumele;

— plante care necesită cantități moderate: porumbul, cartoful, mazărea, gulia, sfecla roșie, păstîrnacul, pătrunjelul, salata, lucerna, varza de toamnă, dovleacul, trifoiul, căpșunii, pepenii și soia;

— plante care cer cantități scăzute de fosfor din îngrășăminte: lupinul, hrișca, ovăzul, secara și timoftica.

Plantele cultivate extrag anual din sol între 40 și 120 kg P_2O_5/ha, funcție de soi sau hibrid și de condițiile de climă și sol.

Carența și excesul fosforului la plantele de cultură. Fosforul este un element extrem de mobil în plantă. De aceea, cînd nutriția cu fosfor devine insuficientă are loc o migrare a fosforului din organele în vîrstă spre cele tinere. În consecință, simptomele vizibile apar în primul rînd pe frunzele bătrîne, culoarea lor devine verde închis sau chiar verde albăstrui; foarte adesea apare un pigment antocianic, care duce la nuanțe bronzate și adesea la pete roșiatice. În acel moment carența este profundă, uneori ireversibilă.

Scanned with OKEN Scanner

Carența fosforului în plantă generează o serie de dereglări fiziologice. Scade sinteza ARN-ului, ceea ce se răsfrînge negativ asupra formării proteinelor. Se acumulează compuși cu azot cu masă moleculară mică, scade creșterea vegetativă a plantelor, se dezvoltă slab sistemul radicular și tulpinile. Se obțin nu numai producții scăzute, dar și de calitate inferioară.

Excesul de fosfor duce la acumularea acestuia în formă minerală mai ales în organele vegetative. Are loc maturarea plantei înainte de vreme și obținerea de recolte slabe. Se dereglează absorbția Zn^{2+}, Fe^{2+} și Cu^{2+} în rădăcină.

Insuficiența fosforului se întîlnește la cereale păioase în special în perioada înfrățirii, cînd frunzele capătă o culoare verde închis albăstruie cu nuanțe purpurii, iar cele în vîrstă se necrozează. La porumb, cînd plantele au 4—5 frunze, pe marginea frunzelor se observă culoarea violetă antocianică. Insuficiența fosforului la porumb se remarcă îndeosebi în perioadele reci și în anii ploioși.

La sfecla de zahăr, insuficient aprovizionată cu fosfor, frunzele inferioare au marginea brună închis, uneori sînt răsucite și cad prematur, la varză, frunzele devin violacee pe margini. La pomi, insuficicența fosforului se manifestă prin slaba formare a mugurilor și diminuarea fructificării; fenomenul se observă cel mai des în anii răcoroși.

Între starea nutriției normale și cea de carență există stări intermediare ce conduc la scăderea sensibilă a producției, asemenea stări putînd fi identificate prin analiza foliară. Un asemenea diagnostic nu are importanță practică la culturi anuale, pentru a se interveni benefic prin aplicarea de îngrășăminte. De aceea, se cere asigurarea unei nutriții corecte cu fosfor a culturilor din primele stadii de vegetație.

În țara noastră, insuficiența de fosfor apare frecvent pe soluri cu fertilitate naturală scăzută: psamosoluri, luvisoluri albice, soluri brune-luvice, soluri brune acide și brune criptopodzolice de pajiști montane. De regulă, insuficiența se manifestă la conținuturi sub 18 ppm P, pe soluri cu aluminiu și mangan în forme solubile, sărace în materie organică, fiind accentuată de fertilizarea abundentă cu azot, de temperaturile scăzute din primăvară și de excesul de umiditate (D a n i l i u c, 1984). Insuficiența a fost semnalată la porumb, grîu, secară, ovăz, măr, pajiști montane. Insuficiența este frecventă la sfecla de zahăr cultivată pe cernoziomuri cambice, chiar dacă sînt moderat asigurate cu fosfați mobili și fertilizate sistematic cu îngrășăminte cu azot (H e r a și B o r l a n, 1980).

Conținuturile ridicate de fosfor mobil pe solurile carbonatice contribuie la declanșarea fenomenului de cloroză în plantațiile de viță de vie și piersic din Dobrogea (R ă u ț ă și C h i r i a c, 1980).

5.3.2. FOSFORUL ÎN SOL

Rezerva și formele de fosfor din sol. Sursa principală de fosfor din sol o constituie rocile pe care acesta s-a format. Rocile magmatice conțin 0,3 pînă la 1% P_2O_5, cele cristaline între 0,2—0,7% P_2O_5, iar cele sedimentare 0,05—0,3% P_2O_5. Conținutul solului în fosfor variază funcție de natura petrografică și mineralogică a materialului parental. Scoarța terestră conține 0,12% P_2O_5 total, adică o cantitate de 10^{15} tone P_2O_5.

În funcție de conținutul total de fosfor (exprimat în kg P_2O_5 la ha) din stratul arabil, solurile se grupează astfel (P r i a n i ș n i c o v): cu conținut foarte scăzut, < 300; cu conținut scăzut, 300—1 500; cu conținut moderat, 1 500—3 000; cu conținut ridicat, 3 000—6 000.

Deși rezervele în fosfor ale solului sînt imense, iar nevoile plantelor anuale nu prea ridicate (20—50 kg P_2O_5/ha) de multe ori se remarcă insuficiența acestui element în nutriție. Din totalul fosforului din sol circa 1% este valorificat de către plante în cursul perioadei de vegetație.

Scanned with OKEN Scanner

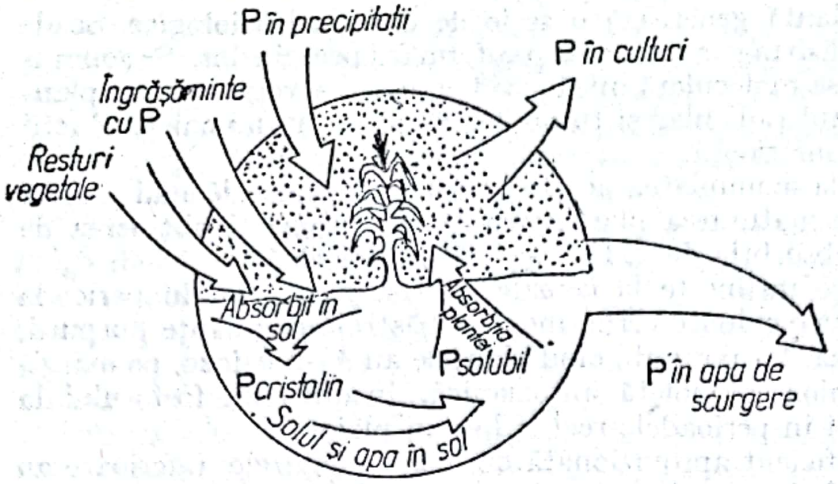


Fig. 5.12. Transformările fosforului (după O d e n, 1972).

Conținutul total de fosfor din sol nu se poate modifica așa ușor, iar trecerea fosforului din forme greu accesibile în altele ușor accesibile plantelor este strîns legată de activitatea microbiană, de reacțiile chimice, de tipul de sol, de condițiile termice și de cele hidrice ale solului. Circuitul fosforului este mult mai complex decît cel al azotului și potasiului (fig.5.12). Fosforul are o mobilitate scăzută în sol.

Disponibilitatea fosforului în sol depinde de natura diverselor surse de fosfor prezente în sol și de acțiunile constituenților minerali și organici ai solului asupra mobilității ionilor fosfat.

Compușii fosforului din sol sînt de natură organică (30—50% din P total) și anorganică (50—70% din P total).

Sub formă de compuși organici, fosforul se află în cea mai mare parte în humus, în materia organică nedescompusă sau pe cale de descompunere și în diverși produși rezultați din activitatea biochimică a microorganismelor din sol. Humusul conține 0,4—2,5% P_2O_5, în funcție de tipul de sol.

Fosforul legat de materia organică din sol este o rezervă momentan indisponibilă, dar progresiv eliberabilă. El poate servi nutriției pe măsura mineralizării materiei organice. Cel legat de humus, prin mecanisme de adsorbție, este ușor mobilizabil, participînd la aprovizionarea soluției solului prin procese de schimb de anioni.

Raportul C:N:P din materia organică a solului este în medie de 100: 10: 1. Dacă raportul C: P anorganic este 200: 1 sau mai scăzut se produce mineralizarea ionilor de fosfat, iar dacă raportul este 300: 1 sau mai ridicat are loc imobilizarea. În urma descompunerii materiei organice rezultă ioni de ortofosfat, care pot să aprovizioneze soluția solului.

Fosforul anorganic se găsește precipitat ca fosfați simpli de calciu, aluminiu, magneziu, ca fosfați complecși sau ioni liberi în soluția solului sau în stare de adsorbție.

Fosfatul primar și cel secundar de calciu nu sînt combinații stabile, ele tinzînd să treacă în fosfat terțiar de calciu $Ca_3(PO_4)_2 \cdot 5H_2O$, în fosfat octocalcic $Ca_8H_2(PO_4)_6 \cdot 5\ H_2O$ și, apoi, în hidroxilapatit $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$. În soluri neutre și alcaline predomină fosfații de calciu, iar în cele acide, fosfații de fer și aluminiu.

Acidul ortofosforic disociază pe trei trepte funcție de pH, cu formarea anionilor corespunzători: anionul H_2PO_4 cel mai frecvent la pH = 5, anionul HPO_4^{2-} cel mai frecvent la pH = 8 și anionul PO_4^{3-} se formează în medii puternic alcaline.

Fosforul adsorbit la complexul adsorbtiv constituie principala rezervă din care se înlocuiește fosforul din soluția solului consumat de plante. Solurile bogate în argilă și humus, cu pH slab acid sau neutru, conțin mult fosfor adsorbit.

Fosforul din soluția solului reprezintă o fracțiune foarte mică din P total. Fosforul este prezent sub forma ionilor de ortofosfat primar și secundar ($H_3PO_4^-$ și

Scanned with OKEN Scanner

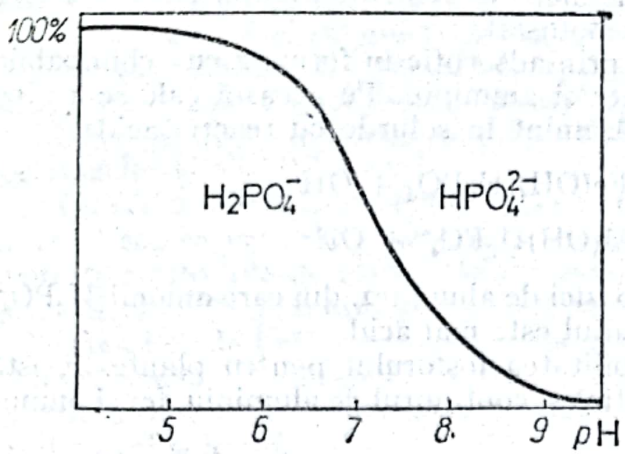


Fig. 5.13. Proporţia ionilor $H_2PO_4^-$ şi HPO_4^{2-}, în funcţie de *p*H-ul solului (după M e n g e l şi K i r k b y, 1978).

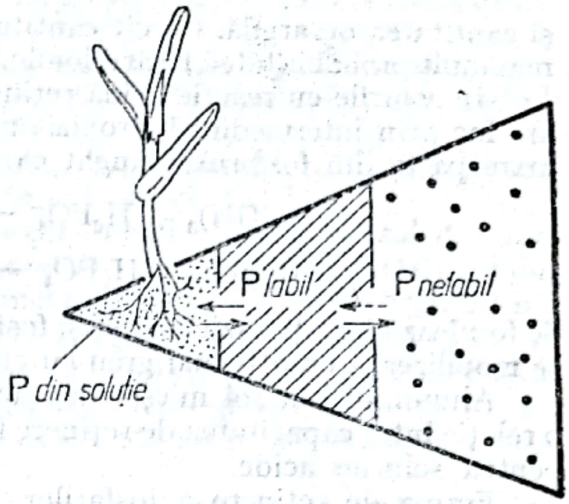


Fig. 5.14. Reprezentarea schematică a celor trei fracţiuni de fosfor din sol implicate în nutriţia plantelor (după M e n g e l şi K i r k b y, 1978).

HPO_4^{2-}), cele două forme putînd fi absorbite direct de către plante. Abundenţa relativă a celor două specii de ioni depinde de *p*H-ul solului, proporţia lor fiind practic egală la *p*H=7 (fig. 5.13).

Funcţie de mobilitatea ionilor fosfat din sol se deosebesc trei fracţiuni: P nelabil, P labil şi P din soluţia solului (fig. 5.14).

Formele labile din solurile calcaroase şi neutre sînt, în general, fosfaţi dicalcici sau octocalcici, pe lîngă ionii fosfat adsorbiţi de către mineralele argiloase sau carbonatul de calciu. Fosfatul labil este în echilibru cu fosfatul din soluţie astfel încît, la absorbţia fosforului în plante, alţi ioni fosfat vor trece din forma labilă în soluţia solului pînă cînd se restabileşte echilibrul.

Formele nelabile ale fosfaţilor din solurile calcaroase, alcaline şi neutre sînt, în general, mineralele din grupa apatitului. Trecerea fosfatului dicalcic sau octocalcic în apatit este un proces lent, datorită solubilităţii scăzute a substanţelor respective. Punerea în libertate a ionilor fosfat din apatit în forme labile are loc extrem de lent din cauza solubilităţii foarte scăzute şi a structurii cristaline stabile (H a g i n şi T u c k e r, 1982).

Din cauza fixării rapide a anionilor acidului fosforic, compuşii fosforului se dizolvă în apă în cantitate mică şi nu satisfac cerinţele de fosfor ale culturilor. Dacă soluţia conţine la un moment dat un miligram P_2O_5/1 kg sol, aceasta înseamnă că în stratul arat de pe un hectar vor fi numai 3 kg P_2O_5, iar o recoltă medie de cereale are nevoie de peste 20 kg P_2O_5. De aceea, fosfaţii soluţiei solului se refac permanent p e seama rezervelor din sol (P e t e r b u r g s k i, 1982).

Reţinerea şi fixarea fosfaţilor în sol. Capacitatea solurilor de a reţine ionii fosforici este foarte mare, încît pentru a se ajunge la saturare este nevoie de o cantitate de fosfaţi calculată de 5—10 tone P_2O_5/ha. Acest fapt arată că saturarea solului cu fosfaţi este neeconomică.

Posibilitatea fixării fosforului există în toate solurile, excepţie făcînd cele nisipoase. Solurile acide şi cele cu capacitate mare de adsorbţie fixează mai puternic ionii fosfat. Capacitatea medie de adsorbţie variază de la 10—40 me/100 g sol.

În solurile alcaline ce conţin $CaCO_3$ liber, acesta exercită o influenţă dominantă asupra reţinerii ionilor fosfat. Reţinerea este favorizată şi de creşterea *p*H-ului. În asemenea condiţii activitatea ionilor Ca^{2+} este ridicată, ceea ce favorizează transformarea fosfatului dicalcic în fosfaţi terţiari de calciu.

Concentraţia fosforului din soluţia solurilor calcaroase este guvernată de trei factori: activitatea ionilor Ca^{2+}, prezenţa şi mărimea particulelor de $CaCO_3$ liber

Scanned with OKEN Scanner

și cantitatea de argilă. Cu cît cantitatea ionilor Ca^{2+} este mai mare, cu atît crește mai mult probabilitatea fixării ionilor de ortofosfat.

În solurile cu reacție acidă reținerea prin adsorbție în forme greu schimbabile are loc prin intermediul hidroxizilor de fer și aluminiu. Pe această cale se reține mare parte din fosforul adăugat ca îngrășămînt în solurile cu reacție acidă:

$$Fe(OH)_3 + H_2PO_4^- \longrightarrow Fe(OH)_2H_2PO_4 + OH^-$$

$$Al(OH)_3 + H_2PO_4^- \longrightarrow Al(OH)H_2PO_4^- + OH^-$$

Se formează fosfați bazici de fer și fosfați bazici de aluminiu, din care anionii $H_2PO_4^-$ se mobilizează cu atît mai greu cu cît mediul este mai acid.

Aluminiul din sol micșorează accesibilitatea fosforului pentru plante. Există o relație între capacitatea de reținere fosfatică și conținutul de aluminiu, fer și humus pentru solurile acide.

Forma de reținere a fosfaților depinde de capacitatea de reținere fosfatică a solului, formîndu-se mai mulți fosfați de fer în solurile cu reținere fosfatică ridicată și mai mulți fosfați de aluminiu în cele cu capacitate de reținere fosfatică scăzută. Raportul P-Fe/P-Al prezintă valori diferite de la un sol la altul în urma aplicării de îngrășăminte cu fosfor (V i n t i l ă, 1967). Dacă reacția solului se corectează prin amendamente și *p*H-ul devine aproape neutru, ionii fosforici reținuți puternic la hidroxizii de fer și aluminiu sînt puși mai ușor în libertate.

Factorii care influențează reținerea fosforului în soluri sînt următorii: tipul de argilă (tipul montmorilonit fixează mai mult fosfor), timpul de reacție (cu cît timpul de contact dintre îngrășăminte și sol este mai mare, cu atît este mai mare cantitatea fixată), reacția solului (accesibilitatea maximă pentru fosfor este la *p*H 5,5—7,0), temperatura, prezența materiei organice (crește disponibilitatea) și gradul de saturare cu fosfor a solului. În fine, o fixare temporară a fosforului poate avea loc și în diverși constituenți de natură organică din sol.

Uneori slaba acțiune a îngrășămintelor cu fosfor se explică prin insuficiența azotului și a potasiului pentru plante și nu ca un efect al fixării ionilor fosfat.

Factorii care influențează accesibilitatea fosforului din sol. Concentrația ionilor fosfat din soluția solului, viteza lor de difuziune, capacitatea fazei solide de a reînnoi conținutul de ioni fosfat din soluția solului depind de anumite însușiri ale solului și de intervenția omului. Asemenea însușiri sînt *p*H-ul și textura solului, alcătuirea mineralogică, conținutul în materie organică, umiditatea etc.

Reacția solului influențează trecerea fosforului în forme accesibile plantelor. În solurile acide, îngrășămintele cu fosfor reacționează cu hidroxizii de fer și aluminiu formînd compuși complecși, care sînt mai puțin solubili și mai puțin accesibili plantelor. Compușii astfel formați precipită sau sînt adsorbiți la particulele de argilă. Prin corectarea reacției acide a solului fosforul trece în forme ușor asimilabile de către plante.

Textura și structura solului influențează starea oxidativă a compușilor anorganici, descompunerea materiei organice și eliberarea fosforului cît și toate procesele metabolice legate de creșterea plantei. Au efect asupra trecerii fosforului în forme accesibile plantelor și absorbției fosforului, ca și a altor elemente nutritive. Structura solului influențează indirect accesibilitatea fosforului prin efectul aerării, întrucît crescînd compactarea este împiedicată penetrarea rădăcinilor rezultînd o proastă aprovizionare cu fosfor.

Textura solului influențează puterea de alimentare cu fosfor; în solurile bogate în argilă este nevoie de mai mult fosfor.

Solurile cu mineralele bogate în aluminiu și fer, sărace în calciu și magneziu sînt sărace în fosfor și-l fixează puternic. Puterea de fixare a fosforului scade cînd calciul și mangeziul sînt în cantitate normală în compoziția minerală a solului. În soluri foarte bogate în carbonat de calciu fosfații se găsesc mai ales sub formă de apatită, care este puțin solubilă.

Scanned with OKEN Scanner

Materia organică sporește solubilitatea fosforului din soluri. Două mecanisme sînt implicate în acest proces și anume:

— anumiți ioni organici pot elibera ionii fosfat fixați pe particulele de sol;

— anionii organici formează compuși complecși cu Al^{3+}, Fe^{3+} și Ca^{2+}, micșorînd astfel posibilitatea imobilizării fosforului.

Microorganismele din sol pot dizolva fosfații greu solubili din sol prin acțiunea fosfatazelor și a acizilor organici ce iau naștere din activitatea lor.

Umiditatea favorizează absorbția ionilor fosfat în plantă și procesul de difuziune. Uscarea excesivă scade solubilitatea fosfaților. Creșterea umidității solului sporește cantitatea de fosfați solubilizați. Asemenea procese au loc în solurile irigate. Micșorarea potențialului redox în condiții temporar anaerobe contribuie la reducerea Fe^{3+} la Fe^{2+}, cu consecințe asupra eliberării fosfaților ocluși în forme accesibile plantelor. Rezultă că în anii cu precipitații abundente și în condiții de irigare este de așteptat ca nevoia de a fi aplicate îngrășăminte cu fosfor să fie mai mică decît în cei secetoși.

Creșterea temperaturii influențează solubilizarea fosfaților din sol, îmbunătățind nutriția minerală cu fosfor, pe măsura creșterii temperaturii între anumite limite favorabile creșterii plantelor. Aceasta se explică prin creșterea vitezei de desorbție a anionilor fosfat de la faza solidă și creșterea energiei libere a celor din soluția solului.

În primăverile răcoroase și relativ secetoase e posibil să apară semne ale insuficienței de fosfor în nutriția plantelor chiar pe soluri cu conținut satisfăcător de fosfor accesibil, datorită micșorării energiei libere a ionilor fosfat și a creșterii forței de reținere a acestora la faza solidă a solului. Plantele răspund mai bine la aplicarea îngrășămintelor cu fosfor în anii răcoroși.

Repartiția fosforului în solurile din România. Conținutul de fosfor total al solurilor din țara noastră este de 0,03—0,24% P_2O_5 în stratul de 0—20 cm și 0,02—0,16% P_2O_5 în orizonturile mai adînci (50—80 cm). Rezerva totală de fosfor la hectar pe adîncimea 0—20 cm variază în medie între 0,86 tone (podzol) pînă la 5,75 t P_2O_5 (cernoziom castaniu), iar pe adîncimea de 1 m, de 3 t P_2O_5 (podzol) pînă la 25 t P_2O_5 (cernoziom) (D a v i d e s c u, 1974).

În funcție de conținutul de fosfor total, solurile cu textură mijlocie se pot clasifica astfel: conținut scăzut, sub 0,100% P_2O_5 (sub 2 500 kg/ha); conținut moderat, între 0,100—0,150% P_2O_5 (2 500 — 3 750 kg/ha) și conținut ridicat, între 0,150—0,250% (4 000—6 000 kg/ha).

Solurile mai evoluate din punct de vedere genetic (podzolurile) conțin mai puțin fosfor total comparativ cu cele mai puțin evoluate (cernoziomurile), roca și modul de folosință fiind același (tabelul 5.12). Prin evoluția în timp foarte îndelungat în condițiile unui climat cu precipitații multe, o parte din fosfor este levigat lent și îndepărtat din profilul solului.

Tabelul 5.12

Conținutul în fosfor mineral și organic din orizontul arat al cîtorva tipuri de sol din România (după Ș e r b ă n e s c u)

Solul	P_2O_5 total mg/100 g sol	P_2O_5 mineral		P_2O_5 organic	
		mg/100 g sol	% din P total	mg/100 g sol	% din P total
Sol bălan	188	127,1	67,6	60,8	32,4
Cernoziom carbonatat	183	101,2	55,2	81,8	44,8
Cernoziom ciocolatiu	178	84,3	47,0	94,7	53,0
Cernoziom argiloiluvial	140	56,0	40,0	84,0	60,0
Sol brun roșcat	117	61,0	52,1	56,0	47,9
Sol brun luvic	112	105,5	94,3	6,5	5,7
Luvisol albic argiloiluvial	75	62,5	86,9	9,8	13,1

Scanned with OKEN Scanner

Pe profil, valorile cele mai mari în fosfor total se găsesc în stratul de la suprafață datorită efectelor de bioacumulare și aplicării îngrășămintelor, iar în adîncime conținutul scade treptat pînă la nivelul celui existent în roca parentală.

Natura și conținutul compușilor minerali și organici aflați nativ în sol variază funcție de tipul de sol. Pentru cunoașterea lor se folosesc procedee convenționale de fracționare în grupe de fosfați după metoda Chang și Jackson (tabelul 5.13).

Tabelul 5.13

Formele de fosfați minerali în stratul arat, la principalele tipuri de sol din România fracționate după metoda Chang și Jackson (în mg la 100 g sol) (după Șerbănescu și Blănaru)

Tipul de sol și localitatea	Fosfor total	Fosfor din				
		Fosfați de aluminiu	Fosfați de fer	Fosfați de calciu	Fosfați solubili în reducători	Fosfați ocluși
Sol bălan (Cernavoda)	82,7	6,4	0,7	43,2	urme	6,5
Cernoziom carbonatic (Valul lui Traian)	69,5	4,9	1,5	34,5	urme	5,7
Cernoziom (Mărculești)	80,5	5,5	4,5	28,0	urme	6,5
Sol brun luvic (Oarja)	49,3	1,2	7,3	3,7	28,4	5,4
Luvisol albic (Brătuia)	33,0	0,6	7,4	2,3	13,9	4,4

În solul bălan și în cernoziomuri predomină fosfații de calciu, alături de care se întîlnesc fosfați de aluminiu ușor mobilizabili, adsorbiți de sescvioxizi, precum și fosfați de aluminiu și fer greu mobilizabili, ocluși în pelicule de oxizi metalici.

Pe solul brun luvic și în luvisolul albic fosfații sînt legați de sescvioxizi și se întîlnesc mai ales sub forma fosfaților de fer, greu mobilizabili.

Cea mai mare parte din fosforul total se află sub formă de compuși greu accesibili plantelor. În medie, doar 1—5% din fosforul total este potențial asimilabil în cursul perioadei de vegetație (tabelul 5.14).

Tabelul 5.14

Conținutul în fosfor potențial asimilabil determinat prin metoda Egner-Riehm-Domingo (în stratul arabil)

Solul	Localitatea	pH	P total mg P_2O_5/100 g	Solubil în acetat-lactat (AL)	
				ppm	% din total P
Cernoziom carbonatic	Roseți (Ialomița)	8,0	0,16	80—100	5—6
Cernoziom cicolatiu	Ileana (Ilfov)	6,6	0,15	25—50	2—4
Cernoziom cambic	Fundulea (Ilfov)	6,3	0,15	25—45	2—4
Brun roșcat	Săftica (Ilfov)	6,0	0,12	42—52	3—5
Brun luvic	Scurtu (Teleorman)	5,7	0,10	17—20	2—3
Brun slab luvic	Șimnic (Dolj)	5,8	0,10	25—45	3—5
Aluvial albic	Albota (Argeș)	5,3	0,08	15—25	2—3
Rendzina de tip brancioc	Tîrgușoru Nou (Prahova)	5,9	0,07	15—25	1—2

Limitele de apreciere a gradului de aprovizionare cu fosfor asimilabil, după metoda Egner—Riehm—Domingo, sînt trecute în tabelul 6,2. După acest criteriu, solurile din țara noastră sînt slab și foarte slab asigurate cu fosfor mobil pe 37% din suprafața agricolă și 32% din arabil. O suprafață foarte mare are nevoie

Scanned with OKEN Scanner

de creşterea gradului de aprovizionare cu fosfor accesibil pentru realizarea unor producţii agricole ridicate (R ă u ţ ă, 1984). Solurile, moderat spre foarte bine aprovizionate cu fosfor mobil, depăşesc 60% din suprafaţa studiată agrochimic. Judeţele cu procent ridicat de soluri brune luvice şi luvi-soluri (Gorj şi Sălaj) prezintă o suprafaţă de peste 60% slab şi foarte slab aprovizionată cu fosfor mobil. O situaţie asemănătoare se află şi în judeţele care au soluri erodate (Vaslui).

Conţinutul de fosfaţi mobili din stratul arabil scade evident dacă se practică fertilizarea numai cu îngrăşăminte conţinînd azot, fără îngrăşăminte fosfatice (fig. 5.15); rezultă nevoia aplicării sistematice atît a îngrăşămintelor cu azot cît şi a celor cu fosfor.

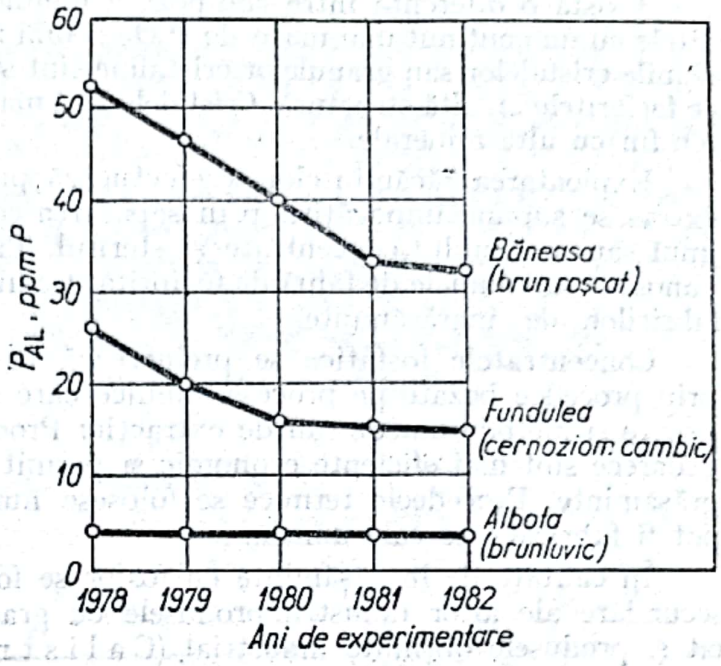


Fig. 5.15. Scăderea conţinutului de fosfaţi mobili (P_{AL}) în stratul arat al unor soluri fertilizate numai cu îngrăşăminte cu azot şi cu potasiu şi cultivate cu plante anuale (după H e r a şi B o r l a n).

5.3.3. ÎNGRĂŞĂMINTE INDUSTRIALE CU FOSFOR

Dezvoltarea industriei moderne a îngrăşămintelor cu fosfor a început cu cercetările lui L i e b i g (1842), care au dovedit că valoarea de îngrăşămînt a oaselor ar putea fi mărită prin tratarea acestora cu acid sulfuric. În anul 1843 a început producerea şi comercializarea superfosfatului.

În timp ce fabricarea îngrăşămintelor cu azot se bazează pe azotul din atmosferă, o rezervă de materie primă practic inepuizabilă şi uniform repartizată pe suprafaţa globului, rezervele de roci fosfatice sînt limitate şi au o răspîndire geografică neuniformă. Exploatarea lor într-un ritm crescînd a făcut să se vorbească despre ameninţarea apropiată a *„foamei de fosfor"*.

Rezervele mondiale de roci fosfatice sînt destul de mari; se apreciază la 150 miliarde tone (exprimate în P_2O_5). Unii autori consideră că zăcămintele cunoscute sînt suficiente pentru 1 000 ani, la nivelul consumului actual.

În perspectiva unei exploatări mereu crescînde, descoperirea zăcămintelor noi şi intrarea în exploatare a unor surse, considerate neeconomice în trecut, vor face ca pericolul unei „foame de fosfor" să apară numai într-un viitor foarte îndepărtat.

Fosfaţii naturali constituie materia primă pentru obţinerea acidului fosforic şi a îngrăşămintelor cu fosfor. Importanţă industrială prezintă două tipuri de fosfaţi naturali: apatitele şi fosforitele. Apatitele sînt de origine magmatică, iar fosforitele de origine sedimentară, acestea din urmă deosebindu-se de primele prin structura lor mineralogică şi prin compoziţie.

Compoziţia chimică a minereurilor variază de la zăcămînt la zăcămînt şi chiar în interiorul aceluiaşi zăcămînt. Se constată că oricare dintre minereurile fosfatice conţin elementele chimice de bază: fosfor, calciu, fluor, specifice fluorapatitei, mineralul fosfatic preponderent, şi elemente care se consideră impurităţi, din care unele mai frecvente: Fe, Al, Mg, K, Na, Cd, S şi altele mai puţin frecvente: Sr, Ti, Mn, Zn, Ba, Co, Cr, Cu, Mo, Rb, V, Ca, Pb, As, Cl, Br), (C a l i s t r u, L e o n t e, ş.a., 1984).

Scanned with OKEN Scanner

Există o diferență între compoziția chimică a apatitelor și fosforitelor: apatitele au un conținut mai mare de P_2O_5 și mai mic de carbonați. În apatite dimensiunile cristalelor sau granulelor cristaline sînt suficient de mari: 1—4 mm, în timp ce fosforitele au altă structură. Cristalele sînt mai mici și aproape totdeauna în amestec fin cu alte minerale.

Exploatarea zăcămintelor se efectuează prin cariere sau subteran. Materialul extras se supune îmbogățirii prin separarea componentelor fosfatice, obținîndu-se unul sau mai multe concentrate și sterilul. Produsul final este fie îngrășămîntul cunoscut sub numele de făină de fosforită, fie un produs intermediar care este livrat fabricilor de îngrășăminte.

Concentratele fosfatice se prelucrează în vederea obținerii îngrășămintelor, prin procedee bazate pe procese chimice care se grupează în metode termice sau uscate și metode umede sau de extracție. Procedeele umede sînt folosite frecvent deoarece sînt mai eficiente economic și permit obținerea de sorturi variate de îngrășăminte. Procedeele termice se folosesc numai pentru îngrășămintele care nu pot fi fabricate pe cale umedă.

În calitate de îngrășăminte cu fosfor se folosesc produsele naturale, produsele secundare ale altor industrii, produsele cu grad de prelucrare industrială scăzut, cît și produsele obținute industrial (C a l i s t r u și colab., 1984).

Produsele secundare utilizate ca îngrășăminte cu fosfor sînt făina de oase și zgura lui Thomas.

Din îngrășămintele cu fosfor obținute industrial prin procedee uscate fac parte termofosfații și metafosfatul de calciu. În ultima vreme s-au obținut și prin metode uscate alături de cele umede, polifosfați de calciu și îngrășăminte cu 23—30% P_2O_5, obținute prin tratarea materiei prime fosfatice cu gaze care conțin 5—12% SO_3, la temperatura de 200—300°C și a căror eficiență este comparabilă cu a superfosfatului concentrat.

Îngrășămintele fosfatice obținute pe cale umedă sînt superfosfații, cunoscuți ca: superfosfat simplu, superfosfat concentrat, superfosfat îmbogățit și produse utilizate ca adaos la furaje, în special fosfatul dicalcic furajer.

Îngrășămintele cu fosfor sînt săruri neutre sau acide ale acizilor ortofosforic, metafosforic și polifosforic.

Fracțiunea de fosfor accesibilă pentru plante dintr-un îngrășămînt cu fosfor, poate fi evaluată prin gradul de solubilitate a acestora în diferiți reactivi chimici. În acest scop se folosește în mod frecvent citratul de amoniu și apa distilată.

După criteriul solubilității în diferiți reactivi îngrășămintele cu fosfor se pot clasifica în felul următor:

a) îngrășăminte cu fosfor solubile în acizi tari și insolubile în apă: apatite, fosforite, făina de oase;

b) îngrășăminte cu fosfor solubile în solvenți convenționali și greu solubile în apă: precipitatul, zgura lui Thomas, termofosfații, metafosfații, fosfații activi, polifosfații de calciu.

c) îngrășăminte cu fosfor solubile în apă: superfosfatul simplu, superfosfatul concentrat, metafosfatul de calciu.

Solubilitatea fosfaților în diferiți solvenți este variabilă. Solubilitatea în apă nu este întotdeauna cel mai bun criteriu de apreciere a disponibilității acestui element pentru plante, deși este un criteriu utilizat. Cea mai exactă exprimare a disponibilității oricărui element nutritiv este măsura în care acesta este absorbit de plante în forme accesibile și în condiții favorabile creșterii acestora (vezi și cap. 6). Suma fosforului solubil în apă și în citrat reprezintă fracțiunea considerată accesibilă plantelor sau asimilabilă.

Scanned with OKEN Scanner

Îngrășăminte cu fosfor solubile în acizi tari și insolubile în apă

Apatitul

Are o structură cristalină, hexagonală. În natură apatitul se găsește sub mai multe forme (vezi tabelul 5.15).

Concentratul de apatit are un conținut de 39—40% P_2O_5, 5,6% $CaCl_2$ și CaF_2, 52—62% CaO, 1% Fe_2O_3, 1% Al_2O_3 și altele. Dacă materialul flotat nu a ajuns la concentrația dorită se flotează încă de 2—3 ori. Concentratul de apatit servește ca materie primă la fabricarea îngrășămintelor cu fosfor solubil.

Folosirea apatitului direct ca îngrășământ cu fosfor este neindicată din cauza solubilității sale în apă extrem de scăzută (0,18 g/l la 0°C).

Tabelul 5.15

Compoziția fosfaților din grupa apatitelor (după Lovi, 1977)

Mineralul	Compoziția, %				
	P_2O_5	CaO	F(Cl)	CO_2	$\frac{CaO}{P_2O_5}$
Fluorapatita $(Ca_5(PO_4)_3F$	42,23	55,58	3,77	—	1,32
Clorapatita $Ca_5(PO_4)_3Cl$	40,91	55,72	6,81	—	1,39
Hidroxilapatita $Ca_5(PO_4)_3OH$	42,40	55,88	—	—	1,32
Carbonatapatita $Ca_{10}P_2CO_{23}(OH)_3$	35,97	56,79	—	4,46	1,59

Fosforitele

Sînt roci sedimentare ce conțin fosfați superiori de calciu și de tipul apatitului. Acești compuși se află în stare amorfă, cripto și microcristalină. Originea lor este variată, putînd fi de natură biologică, de natură chimică și fizico-chimică, iar în unele cazuri la formarea lor concură toate cele trei procese.

După natura componentelor ce însoțesc fosfatul tricalcic, fosforitele se împart în trei categorii: *argiloase*, în care mineralul fosfatic este însoțit de argilă, conțin 25—30% P_2O_5; *glauconitice*, în care mineralul fosfatic este impurificat cu glauconit ($KFeSiO_6 \cdot nH_2O$), conțin 18—20% P_2O_5; *silicioase*, în care conținutul de P_2O_5 este de 12—14%.

Făina de fosforite este un praf fin de culoare gălbuie-cenușie și se obține prin măcinarea fosfaților. Conține procente ridicate de fosfați cu structură amorfă, a căror solubilitate în solvenți convenționali este destul de mare. Corespund, din acest punct de vedere, fosforitele din Africa de Nord și Peru, din care fosforul este solubil în acid formic 2% în proporție de peste 70%.

Făina de fosforite conține cantități variabile de fosfați, în funcție de proveniență, cea din Africa de Nord avînd 20—34% P_2O_5. Se utilizează direct ca îngrășământ numai pe solurile foarte acide din zone bogate în precipitații. Solubilitatea hidroxilapatitei din fosforite este favorizată de hidrogenul reținut la particulele de materie organică sau minerală conform reacției:

$$(\text{humus}\ 4\,H^+ + Ca_5(PO_4)_3\,OH \longrightarrow (\text{humus})\,2\,Ca^{2+} + 3\,CaHPO_4 + H_2O$$

Transformarea hidroxilapatitei (după această schemă de reacție) se produce mai ușor cînd fosforita este fin măcinată și amestecată intim cu solul pe care se aplică. De obicei se folosește o făină la care peste 90% din particule prezintă diametrul sub 0,06 mm. Avînd solubilitate lentă, se aplică o doză suficient de mare

Scanned with OKEN Scanner

incit să aibă efect timp de 4—5 ani. Îngrășămintele organice și îngrășămintele chimice cu azot măresc efectul fosforitelor, care manifestă o reacție slab alcalină, nu sînt higroscopice, absorb însă apa fără să se aglomereze, din care cauză se folosesc în adaosuri cu alte produse, pentru a le reduce higroscopicitatea (azotatul de amoniu, azotatul de calciu).

Solul descompune fosforita, dacă aciditatea potențială este peste 2,5 m.e. la 100 g sol. Cu cît această valoare este mai mare, cu atît efectul făinii de fosforite este mai puternic.

Conținutul total de P_2O_5 din făina de fosforite de calitate superioară este 25%, în cea de calitatea I este 22% și la cea de calitatea a II-a 19%; umiditatea ei este sub 3%, finețea măcinării 0,18 mm. Se administrează la fertilizarea de bază și în cantități duble de P_2O_5 comparativ cu superfosfatul.

Făina de oase calcinate Oasele sînt alcătuite din substanțe organice și substanțe minerale. Substanțele organice împreună cu apa constituie 30—45% din greutatea lor. Substanțele minerale sînt reprezentate prin $Ca_3(PO_4)_2$ (45—55% din totalul greutății lor) și cantități mici de $CaHPO_4$, $Mg_3(PO_4)_2$, $CaCO_3$, CaF_2 etc.

Înainte de a fi măcinate spre a fi folosite ca îngrășămînt, oasele se degelatinează, se degresează și se calcinează. Ca îngrășămînt se folosește făina de oase calcinate fin măcinate, a cărei compoziție chimică e specificată în tabelul 5.16. Se prezintă sub forma unei pulberi de culoare cenușie, aspră la pipăit și puțin solubilă în apă. Se recomandă ca îngrășămînt de bază pe solurile cu reacție acidă ($pH_{H_2O} < 5,5$).

Tabelul 5.16

Elemente minerale în constituția făinii de oase calcinate (după Lixandru 1986)

N total (%)	P_2O_5, %			P solubil din P total (%)	Ca, (%)	Mg, (%)	Fe	Cu	Zn	Mn	Cr	Ni	Pb
	Total	Solubil în apă	Solubil în citrat				ppm						
0,19	35,9	5,0	20,6	57,4	36,2	0,13	6 230	35	7,7	44	45	13	56

Îngrășăminte cu fosfor solubile în solvenți convenționali și greu solubile în apă

Precipitatul $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ (Fosfat secundar de calciu). Se obține prin tratarea rocilor fosfatice cu HCl și apoi produsul obținut se neutralizează cu $Ca(OH)_2$;

$$Ca_3(PO_4)_2 + 6\,HCl \longrightarrow 2\,H_3PO_4 + 3\,CaCl_2$$

$$H_3PO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaHPO_4 \cdot 2\,H_2O$$

Se prezintă sub forma unei pulberi albe, cu aspect microcristalin. Datorită procedeului de fabricare prin precipitare, are un grad înaintat de finețe, în care fosforul devine mai ușor accesibil plantelor.

În practica mondială, precipitatul este puțin utilizat ca îngrășămînt. Se răspîndește uniform la suprafața solului și apoi se încorporează la adîncime. Planta începe să-l utilizeze cînd are un sistem radicular puternic dezvoltat.

Precipitatul are proprietăți fizice convenabile utilizării ca îngrășămînt. Nu este higroscopic și nu se aglomerează, este greu solubil în apă și ușor solubil în soluție de citrat de amoniu sau acizi anorganici. Solubilitatea în apă la 25°C este de 0,23 g/l. În stare pură conține 41,25% P_2O_5, iar ca îngrășămînt 27—40% P_2O_5 solubil în citrat. Reacția sa este fiziologic neutră.

Precipitatul poate fi utilizat pe toate tipurile de sol. Pe cele cu reacție acidă este mai eficient decît superfosfatul, deoarece intră mai greu în reacție cu $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$ etc. Se administrează de preferință la fertilizarea de bază a culturilor.

Scanned with OKEN Scanner

Zgura lui Thomas — $Ca_3(PO)_2 \cdot CaO + SiO_2 \cdot 5\,CaO$

În cuptoarele de topire a fontei împreună cu calcare dolomitice, fosforul, din fonta topită este fixat sub formă de fosfaţi bazici, care se separă sub formă de zgură. Are culoare cenuşie-închis, cu aspect cristalin, în care se pot distinge impurităţi metalice, are o masă volumetrică mare (260 kg zgură ocupă un volum de 0,1 m^3) şi higroscopicitate redusă, este insolubilă în apă, dar solubilă în acizi slabi (40—90%) şi în citrat de amoniu (circa 80%).

Compoziţia zgurei lui Thomas este variabilă, depinzînd de minereurile întrebuinţate şi de procedeul folosit la obţinerea oţelului: fosfor total, 11—24% P_2O_5, 10—21% fosfor asimilabil, 28—50% CaO, 2—5% MgO, 5—13% MnO, 8—15% Fe_2O_3, 0,1—0,6% SO_3, 20—70 ppm B, 10—60 ppm Cu, 5—10 ppm Mo şi 2—5 ppm Co.

Zgura lui Thomas mai conţine un număr important de microelemente datorită cărora eficienţa ei ca îngrăşămînt creşte. Fosforul se găseşte în zgura lui Thomas sub formă de fosfat tetracalcic, de culoare galbenă-închis şi în cantitate mai mică sub formă de silicofosfat de calciu ($5\,CaO \cdot P_2O_5 \cdot SiO_2$).

Reacţia potenţială a zgurei Thomas este bazică. Se administrează la fertilizarea de bază. Pe solurile acide, zgura lui Thomas are o acţiune superioară superfosfatului, exercitînd influenţă pozitivă şi prin microelementele pe care le conţine. Pe cernoziomuri acţiunea zgurei este de durată, manifestîndu-se mai activ în anul al doilea şi al treilea de la aplicarea sa.

Zgurele de oţelărie de la industria metalurgică română conţin puţin P_2O_5, de aceea se folosesc numai ca amendamente.

Termofosfaţii

Se obţin prin tratarea termică a minereurilor fosfatice în amestec cu carbonaţi alcalini şi cu dioxidul de siliciu.

Termofosfaţii conţin fosfaţi aproape complet solubili în acid citric 2% sau în citrat de amoniu. În funcţie de modul de obţinere se deosebesc: termofosfaţi defluoruraţi, termofosfaţi magnezieni, termofosfaţi alcalini, metafosfaţi şi polifosfaţi de calciu.

Încercările de a transforma fosforul neasimilabil, din minereurile fosfatice, în fosfor asimilabil prin încălzirea acestora au fost determinate de necesitatea obţinerii directe a îngrăşămintelor fosfatice fără folosirea acizilor.

Termofosfaţii defluoruraţi, magnezieni şi alcalini au un conţinut de P_2O_5 asimilabil superior superfosfatului simplu, se obţin fără consum de acizi, sînt îngrăşăminte cu acţiune lentă, nehigroscopice. Se aplică în special pe solurile acide.

Termofosfaţii defluoruraţi, ca şi polifosfaţii de calciu provenind prin defluorurarea superfosfaţilor cu mai puţin de 0,2% F se folosesc ca adaos furajer. Consumul ridicat de energie la fabricarea oricărui termofosfat frînează dezvoltarea industriei acestor produse; ele s-au obţinut, cu caracter experimental şi în ţara noastră.

Termofosfaţii alcalini se obţin prin tratarea termică a rocilor în amestec cu Na_2CO_3; au un conţinut total de circa 28% P_2O_5, din care 25% solubil în citrat, 42,65% CaO, 1,2% MgO, 12,2% Na_2O, 10,5% SiO_2 şi cantităţi mici de microelemente.

În funcţie de proveniența lor, termofosfaţii capătă denumiri comerciale, de exemplu fosfatul de Rhenania în a cărui fabricare se foloseşte soda ca substanţă alcalină. Termofosfatul conţine un fosfat de sodiu şi de calciu şi un silicat de calciu:

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 4\,Na_2CO_3 + 2\,SiO_2 = \underbrace{6\,CaNaPO_4 + 2\,Ca_2SiO_4}_{termofosfat} + 4\,CO_2 + 2\,NaF$$

Scanned with OKEN Scanner

Clincherul obținut după răcire se macină, rezultă o pulbere fină, de culoare cenușie ca a cimentului, ce conține 26—29% P_2O_5, solubil în citrat de amoniu, conține circa 30% Ca, precum și cantități mici de microelemente. Se poate folosi și sub formă de granule cu diametrul de 0,5—2 mm.

După introducerea îngrășămîntului în sol, fosfații de sodiu și calciu din termofosfați se transformă, prin hidroliză lentă, în fosfat secundar de calciu din care ionul este accesibil plantelor, iar sodiul contribuie la micșorarea acidității solului:

$$\text{sol }]H^+[+ CaNaPO_4 = \text{sol }]Na^+[+ [CaHPO_4]$$

Silicatul de calciu din termofosfat trece prin hidroliză lentă în hidroxid de calciu care micșorează aciditatea solului în jurul granulelor, iar acidul silicic intră în reacție cu $Fe(OH)_3$ și $Al(OH)_3$ contribuind la micșorarea posibilităților de insolubilizare a ionilor de ortofosfat în soluție.

Termofosfații magnezieni sînt formați din fosfați, eventual silicofosfați de calciu și silicat de magneziu sau silicat de calciu și magneziu. Compoziția lor este, în general, următoarea: 19—21% P_2O_5, 16—18% MgO, 26—29% CaO, 22—24% SiO_2, 4% Fe_2O_3, 0,006% Mn, 0,02% Cu, 0,0024% Co și 0,001% Mo. Sînt îngrășăminte fosfatice cu macroelemente secundare (Ca, Mg), dar conțin și diferite microelemente, sînt îngrășăminte cu acțiune lentă, nehigroscopice, neaglomerabile. Se livrează ca granule sticloase transparente. Se fabrică prin încălzirea unui amestec format din minereu fosfatic și silicați de magneziu, în special olivină $(Mg, Fe)_2SiO_4$ sau serpentină $3\,MgO \cdot 2\,SiO_2 \cdot 2\,H_2O$.

Termofosfații defluorurați. Industria superfosfatului este un consumator mare de acid sulfuric, în toată lumea sulful și mineralele de pirită—materia primă pentru producerea H_2SO_4 — sînt deficitare.

Se poate îndepărta fluorul din fluorapatite prin încălzirea acestora cu vapori de apă, cînd are loc substituirea izomorfă a ionilor F cu ionii OH^-, procesul fiind favorizat prin adaosul de dioxid de siliciu sau de acid fosforic.

Descompunerea fluorapatitei se desfășoară conform reacției:

$$Ca_5(PO_4)_3 + H_2O = C_5(PO_4)_3 \cdot OH + HF$$

Procesul constă în încălzirea la 1 400—1 500°C a apatitului (adăugîndu-se 2—3% anhidridă silicică) sau fosforitului în prezența vaporilor de apă. În aceste condiții se distruge rețeaua cristalină a apatitului și fluorul se îndepărtează în proporție de 90%. Se obține fosfat cu altă compoziție, solubil în acizi slabi. Din apatit se obține un îngrășămînt ce conține 30—32% P_2O_5, iar din fosforite, unul ce conține 20—22% P_2O_5 total.

Termofosfații se prezintă sub formă de pulbere fină, de culoare cenușie-gălbuie, asemănătoare la aspect cu cimentul. Reacția potențială este bazică. Fosforul pe care îl conțin este solubil în citrați, fiind mai ușor accesibili plantelor decît fosforul din zgura lui Thomas. Se folosesc la fertilizarea de bază pe soluri acide.

Metafosfatul de calciu — $[Ca(PO_3)_2]_n$. Datorită conținutului său ridicat de substanță activă (60—65% P_2O_5), metafosfatul de calciu ar putea fi un îngrășămînt de perspectivă. Consumul relativ mare de energie cu prilejul obținerii sale constituie un obstacol economic în fabricarea lui. Se obține pe două căi:

— prin dehidratarea fosfatului primar de calciu la 300°C:

$$n\,Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O \longrightarrow [Ca(PO_3)_2]n + 3n\,H_2O$$

— prin acțiunea pentaoxidului de fosfor asupra fosfaților naturali la circa 100°C:

$$n2[\,Ca_5[(PO_4)_3\,F] + 7\,P_2O_5 + n\,H_2O \longrightarrow 10[Ca(PO_3)_2]n + n2\,HF$$

Materialul se răcește, iar în această formă fosforul este accesibil plantelor.

Scanned with OKEN Scanner

În sol, metafosfatul de calciu se transformă, în prezența apei, mai întîi în pirofosfat de calciu și apoi în ortofosfat de calciu. Viteza de solubilizare este mare în solurile umede și cu conținut ridicat de materie organică, unde activitatea microbiană este intensă. Se aplică pe orice tip de sol înainte de efectuarea arăturii de bază, la toate culturile. Eficiența este egală cu cea a superfosfatului.

Fosfați activați

Se obțin prin tratarea rocilor fosfatice cu acid sulfuric, acid fosforic sau acid clorhidric în cantități stoechiometric calculate și care sînt mai mici decît cele necesare în cazul fabricării superfosfatului. Cantitatea de acid folosită trebuie să fie suficientă pentru descompunerea în proporție cît mai mare a rocii fosfatice și a carbonaților existenți în aceasta. Se obține un produs în constituția căruia intră fosfat primar de calciu, fosfat secundar de calciu și procente scăzute de rocă fosfatică neatacată. Din cauza consumului scăzut de acid la fabricare, fosfații activați sînt mai ieftini decît superfosfatul.

În țara noastră s-a încercat obținerea de fosfați activați prin tratare cu acid sulfuric sau cu acid fosforic. S-a constatat că cei obținuți la tratarea cu acid fosforic sînt foarte higroscopici, greu de aplicat pe teren cu mijloace mecanice. De aceea, au fost adoptați pentru agricultură numai fosfații obținuți prin tratarea rocii fosfatice cu acid sulfuric. Aceștia se livrează în stare granulată sau de pulbere. Fosfații activați conțin în stare granulată 20% P_2O_5 total din care 15,5% formă solubilă în apă, iar în stare de pulbere conțin 24% P_2O_5 total și numai 6% P_2O_5 solubil în apă. Aciditatea lor liberă (exprimată ca H_3PO_4) este de 1—3%. Sînt îngrășăminte destinate numai solurilor acide și slab acide, pe solurile alcaline avînd un efect scăzut asupra sporurilor de recoltă.

Deoarece pot absorbi ușor vapori de apă din atmosfera umedă, se recomandă a fi păstrate în depozite uscate și aplicate pe teren în termen de circa 3 luni de la livrare.

Îngrășăminte cu fosfor solubile în apă

Superfosfații se obțin prin acțiunea H_2SO_4 asupra rocii fosfatice. Se obține industrial un superfosfat simplu și un superfosfat triplu, dublu sau superfosfat concentrat. Ambii au căpătat un loc important în industria de îngrășăminte.

Superfosfatul simplu

Prin superfosfat simplu se înțelege îngrășămîntul cu fosfor obținut prin descompunerea fosforitelor naturale cu acid sulfuric în scopul transformării fosfatului tricalcic din roca fosfatică în fosfați solubili în apă. În general superfosfații simpli conțin circa 32% fosfat monocalcic, 50—55% sulfat de calciu, restul fiind fosfat dicalcic, fosfați complecși, $(Fe, Al)_3 \cdot KH_8(PO_4)_6 \cdot 6\,H_2O$, și umiditate (Iovi, 1977).

În România se obțin două categorii de superfosfat, pulbere sau granulat: calitatea I cu 19% P_2O_5 solubil în apă și în citrat de amoniu și calitatea a II-a cu 16,5% P_2O_5. Aciditatea liberă trebuie să fie de maximum 5,5% la superfosfatul pulbere și 3% la cel granulat.

În sortimentul îngrășămintelor chimice cu fosfor din țara noastră superfosfatul simplu a ocupat, pînă în 1970, 62% din totalul producției de îngrășăminte cu fosfor, iar în prezent ponderea lui are tendințe de scădere, crescînd în schimb ponderea superfosfatului concentrat și mai ales a îngrășămintelor complexe.

Superfosfatul este higroscopic, higroscopicitatea lui se mărește cu creșterea acidității libere. Se utilizează ca atare ca îngrășămînt sau la obținerea îngrășămintelor mixte și complexe.

Scanned with OKEN Scanner

Datorită conținutului scăzut de P_2O_5, importanța lui scade pe măsură ce se impun îngrășăminte cu conținut mai ridicat de P_2O_5 ca superfosfatul concentrat și fosfații de amoniu. Cu toate acestea el continuă să fie aplicat, datorită unor avantaje economice.

Procesul tehnologic de obținere a superfosfatului simplu decurge în cinci etape: amestecarea făinei de minereu fosfatic cu acid sulfuric; desăvîrșirea reacției cu întărirea masei; maturizarea; neutralizarea acidității libere; granularea superfosfatului și ambalarea.

Procesul decurge în două faze. În prima fază, acidul sulfuric atacă roca fosfatică conform reacției:

$$Ca_5F(PO_4)_3 + 5\,H_2SO_4 = 5\,CaSO_4 + 3\,H_3PO_4 + HF$$

În faza a doua, acidul fosforic format reacționează cu restul de apatită conform reacției:

$$Ca_5F(PO_4)_3 + 7\,H_3PO_4 + 5\,H_2O = 5\,Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + HF$$

Desăvîrșirea procesului de obținere a superfosfatului este cunoscută sub denumirea de „maturizare a superfosfatului", iar timpul necesar desăvîrșirii procesului este numit „timp de maturare". Timpul de maturare depinde de natura fosfatului și de metodele de prelucrare finală a superfosfatului, fiind de 5—30 zile. Produsul finit mai conține o cantitate mică de fosfat nedescompus și acid fosforic liber.

Superfosfatul maturat conține 4—7% P_2O_5 ca acid fosforic liber. Neutralizarea acidității libere se poate face cu praf de calcar care reacționează cu acidul fosforic liber, sau prin prelucrarea fosfatului cu amoniac sau amoniacați, proces cunoscut sub denumirea de „amonizarea superfosfatului". De obicei, procesul de neutralizare se realizează concomitent cu granularea superfosfatului.

Granularea se face prin trecerea materialului pulverizat într-o tobă rotativă unde se umectează pînă la 16% cu apă, iar prin rotire timp de 6—7 minute se formează granulele. După uscare la circa 80°C, materialul se cerne, se reține pentru ambalare particulele cu diametrul de 1—4 mm, iar celelalte se trec din nou în circuitul de granulare. Granularea are efecte pozitive asupra calității îngrășămîntului întrucît micșorează viteza de insolubilizare a fosforului, după introducerea îngrășămîntului în sol, aglomerarea în timpul păstrării, iar împrăștierea pe teren cu mijloace mecanizate se face mai uniform.

Compoziția chimică a superfosfatului este redată în tabelul 5.17.

Tabelul 5.17

Componenți ai superfosfatului simplu (după Calistru și colab., 1984)

Component	%	Component	%
$Ca(H_2PO_4)_2\,H_2O$	28—33	CaF_2	1,0 —1,2
H_3PO_4 liber	4—8	Sulfați de fer și aluminiu	3 —4
$CaHPO_4$	0,5—0,7	SiO_2	1,4 —1,8
$Ca_3(PO_4)_2$	0,8—1,5	H_2O	3—5
$CaSO_4$	40—41,5	Sulfat de magneziu	0,2—0,4
$CaSO_4 \cdot 2H_2O + CaSO_4 \cdot 0,5\,H_2O$	7—9		

Aciditatea liberă din superfosfat trebuie să provină totdeauna de la acidul fosforic și numai o cantitate de 0,3—0,4% de la acidul sulfuric liber. Prezența acidului fosforic liber în masa de superfosfat este necesară pentru a împiedica retrogradarea acestuia.

Superfosfatul sub formă de praf este de culoare cenușie-închis (din fosforite) sau cenușie deschis (din apatite) cu un miros specific de acid fluorhidric.

Scanned with OKEN Scanner

Introdus în soluri neutre, fosfatul primar se transformă rapid în fosfat secundar de calciu:

$$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + Ca(HCO_3)_2 = 2\,CaHPO_4 \cdot 2\,H_2O + 2\,CO_2 + H_2O$$

Dacă participă şi carbonaţii, se formează fosfat tricalcic.

Transformarea chimică a superfosfatului, cu formarea fosfaţilor secundari şi terţiari de calciu, duce la scăderea accesibilităţii fosforului din îngrăşămîntul introdus în sol.

În solurile acide, bogate în sescvioxizi se pot forma fosfaţii de fer şi aluminiu greu accesibili plantelor:

$$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + 2\,Al(OH)_3 = 2\,AlPO_4 + Ca(OH)_2 + 5\,H_2O$$

În toate solurile, o parte din anionii acidului fosforic sînt adsorbiţi de particulele coloizilor încărcate pozitiv şi în această stare sînt accesibili plantelor.

Microorganismele solului imobilizează o cantitate de fosfaţi transformîndu-i în compuşi ai plasmei celulelor lor.

Datorită conţinutului său în sulf, magneziu şi microelemente, costul lui mai scăzut, comparativ cu alte îngrăşăminte fosfatice, superfosfatul simplu este un îngrăşămînt încă larg utilizat. Conţine trei elemente nutritive (P, S, Ca), produsul avînd şi efect de îmbunătăţire a structurii solului datorită prezenţei gipsului (tabelul 5.18).

Tabelul 5.18

Conţinutul în microelemente al superfosfatului simplu (după Calistru şi colab., 1984)

Component	ppm	Component	ppm
Bor	18—58	Molibden	1,6—11,1
Cobalt	1,3—1,9	Zinc	134—840
Cupru	23—54	Arsen	4—20
Iod	9,9—33	Vanadiu	46—94
Mangan	40—143	Titan	107—162

Superfosfatul concentrat

Superfosfatul concentrat conţine circa 38—50% P_2O_5 asimilabil din care cea mai mare parte (38—47%) solubil în apă. El se fabrică în formă granulată.

Superfosfatul concentrat prezintă aceleaşi proprietăţi agrochimice ca şi superfosfatul simplu. Spre deosebire de acesta el are un conţinut mult mai mic de balast, ceea ce duce la micşorarea cheltuielilor de păstrare, transport şi încorporare în sol. Pentru obţinerea lui se pot folosi fosfaţi inferiori, neutilizabili în fabricarea superfosfatului simplu, ceea ce îl face mai economic şi explică creşterea producţiei pe plan mondial.

Produsele din această clasă se obţin din tratarea materiei prime fosfatice cu soluţii de acid ortofosforic.

Superfosfatul concentrat conţine drept component principal $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$.

Fabricarea superfosfatului concentrat este ceva mai costisitoare decît a superfosfatului obişnuit, dar datorită concentraţiei mai mari în fosfor se fac economii la cheltuielile de transport şi manipulare.

Alegerea sortimentului de superfosfat ce urmează să fie folosit depinde în principal de considerente economice care cuprind costul iniţial al materialului, cheltuielile de transport şi de manipulare.

Ambele sortimente duc la formarea fosfatului monocalcic şi reacţionează la fel în sol, astfel că sînt la fel de accesibile plantelor.

Principala deosebire agrochimică constă în aceea că superfosfatul obişnuit aduce în sol fosfaţi şi sulfaţi, iar superfosfatul concentrat nu conţine sulfaţi.

Scanned with OKEN Scanner

Condițiile aplicării îngrășămintelor cu fosfor

Efectul îngrășămintelor cu fosfor asupra producției și calității recoltei depinde de o multitudine de factori ce se intercondiționează în timpul vegetației, în rîndul cărora trebuie amintite însușirile de specie și soi, condițiile fizico-chimice ale solului, condițiile de climă, felul îngrășămîntului și tehnologia folosită la aplicarea acestuia în sol.

Eficiența în raport cu planta. Utilizarea fosforului aplicat în sol de către plantele cultivate este foarte scăzută, în primul an fiind de numai 5—20%, restul se acumulează în sol, putînd să devină parțial accesibil culturilor următoare. Un coeficient de utilizare a fosforului de 50% poate fi realizat într-o perioadă foarte îndelungată.

La aplicarea îngrășămintelor cu fosfor trebuie să se ia în considerare cerințele relativ mari de fosfor ale majorității culturilor în fazele timpurii de dezvoltare.

Cercetările efectuate la porumb, cu fosfor marcat (^{32}P), au arătat că acesta a fost valorificat mai intens în prima fază a dezvoltării, participarea lui scăzînd mai tîrziu și intensificîndu-se absorbția fosfaților existenți în sol, iar în cele din urmă nutriția plantei realizîndu-se în cea mai mare parte pe seama fosforului din sol.

Diferențele ce apar între speciile de plante în absorbția fosforului se datorează în primul rînd deosebirilor caracteristice ale dezvoltării, formei și lungimii sistemului radicular. Astfel, plantele care tind să-și dezvolte un sistem radicular în adîncime — cum este porumbul — se găsesc mai mult sub influența fosfaților nativi din sol decît sub influența îngrășămintelor. Altele, cu sistem radicular superficial, dezvoltat în cea mai mare parte în stratul de administrare a fosforului, sînt mai dependente de fosforul din îngrășămînt, ceea ce se reflectă și printr-un coeficient de utilizare a fosforului mai ridicat. Datorită faptului că mobilitatea fosfaților în profilul de sol este scăzută, absorbția îngrășămintelor cu fosfor depinde mult de creșterea rădăcinilor și de morfologia rădăcinii plantei de cultură considerate.

Pentru obținerea de producții mari la culturile ce cresc repede, cu perioadă de vegetație scurtă și cele cu sistemul radicular superficial e nevoie de un îngrășămînt ce conține o proporție ridicată de fosfor solubil în apă. Asemenea culturi dau în mod frecvent numai un răspuns limitat la îngrășămintele cu fosfor solubil în citrat. Un grad ridicat de solubilitate în apă (mai mare de 60%) a fosfaților din îngrășămînt este mai puțin important la culturile cu perioadă lungă de vegetație și la cele perene cu sistem radicular dezvoltat, cum ar fi pășunile permanente și pajiștile.

Pe diverse căi se poate încetini viteza de desfășurare a reacțiilor ce conduc la insolubilizarea fosfaților aplicați în sol ca îngrășăminte, avînd loc totodată activarea proceselor ce conduc la mobilizarea fracțiunilor minerale existente în sol, la creșterea coeficientului de utilizare a fosforului din îngrășăminte. Menționăm cîteva măsuri:

— aplicarea amendamentelor calcaroase pe soluri acide în vederea scăderii conținutului de hidroxid de fer și aluminiu din soluția solului, care contribuie la retrogradarea și inactivarea fosfaților solubili din îngrășăminte;

— folosirea mijloacelor mecanizate de aplicarea îngrășămintelor în benzi sau pe rîndurile de plante, pentru a micșora contactul cu solul;

— sporirea conținutului de humus din sol, prin aplicarea îngrășămintelor organice, conduce la apariția unor compuși intermediari rezultați din activitatea microbiană, unii dintre ei avînd însușiri chelatice, cu rol de frînare a retrogradării ionilor ortofosforici.

Raportul de bioconversie, în produse vegetale, al energiei fosile introdusă în îngrășămintele cu fosfor, variază cu specia cultivată astfel: sfeclă de zahăr > cartof > orez > grîu > porumb > tomate > ardei > castraveți.

Sporul mediu de recoltă, în kg pe kilogramul de P_2O_5 este de 5 kg grîu, 3 kg porumb, 3 kg floarea-soarelui, 55 kg sfeclă de zahăr, 2 kg soia și 30 kg cartof.

Scanned with OKEN Scanner

Eficiența în raport cu condițiile de sol. Efectul îngrășămintelor cu fosfor este în legătură directă cu conținutul solului în fosfați accesibili plantelor.

Fosfații mobili, determinați curent în laboratoarele de agrochimie, reprezintă o măsură a cantității de fosfați adsorbiți și proaspăt precipitați la suprafața particulelor de sol, în timp ce concentrația fosforului în soluția solului oferă imaginea intensității de desorbție și solubilizare a fosfaților din sol, adică a ușurinței cu care fosfații adsorbiți și proaspăt precipitați trec în soluție (vezi cap. 6).

Eficiența îngrășămintelor cu fosfor depinde de conținutul solului în fosfați accesibili, de *p*H-ul solului, de gradul de saturație cu baze, de felul cationilor schimbabili, conținutul solului în Fe^{3+} și Al^{3+} și de conținutul în azot și potasiu asimilabil.

Cantitatea, în general mică, de fosfor în sol, imobilizarea și tendința lui de a trece în forme relativ insolubile, face ca practicile de fertilizare cu fosfor să difere într-o anumită măsură de cele folosite pentru azot și potasiu. După încorporarea în sol, îngrășământul cu fosfor interacționează cu componentele solului, formînd o varietate de compuși care pot fi puțin disponibili pentru plante (fig. 5.16).

Reacțiile între fosfați și componentele solului încep imediat după ce a avut loc umectarea și dizolvarea fosfaților (fig. 5.17). Conversia parțială a fosfatului monocalcic în fosfat dicalcic și acid fosforic se face după schema:

$$Ca(H_2PO_4)_2 + H_2O \longrightarrow 0{,}574\ CaHPO_4 + 0{,}574\ H_3PO_4 + 0{,}426\ Ca^{2+} + 0{,}852\ H_2PO_4^-$$

rezultînd o soluție puternic acidă (*p*H 1,0 — 1,5) datorită acidului fosforic. În locul granulei de îngrășământ rămîne un reziduu de fosfat dicalcic care poate

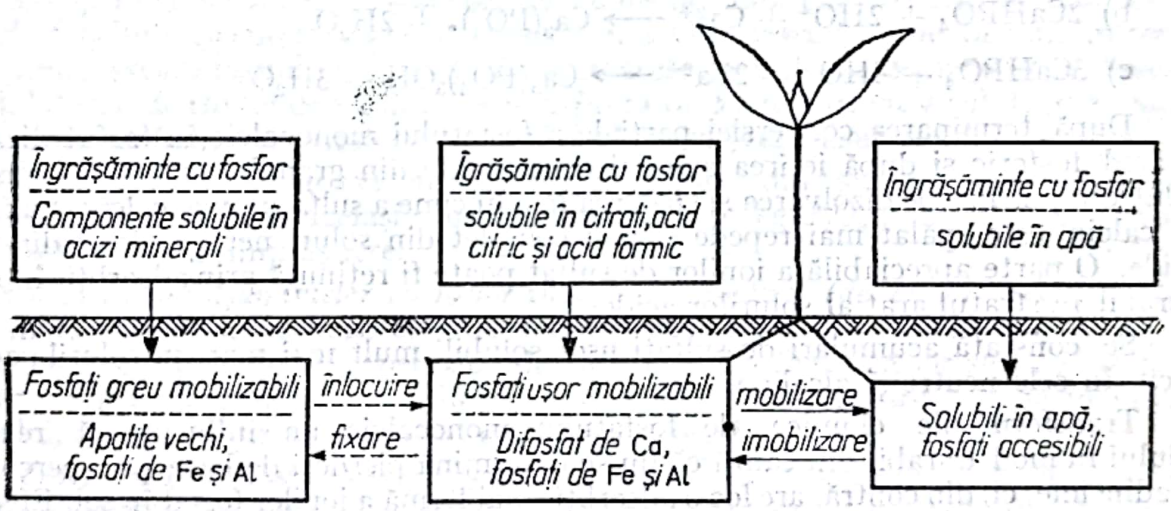


Fig. 5.16. Fertilizarea fosfatică și conversia îngrășămintelor în sol (după **Finck**, 1982).

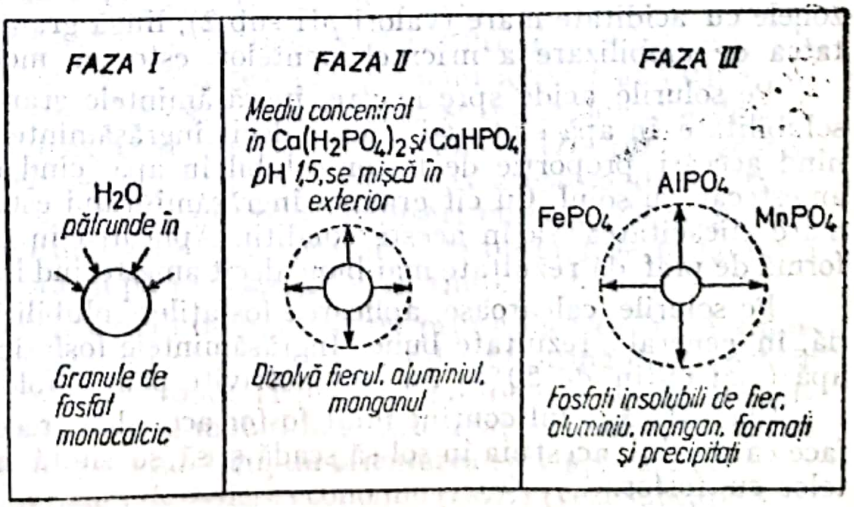


Fig. 5.17. Reprezentarea schematică a reacțiilor unei granule de superfosfat concentrat cu solul (după **Tisdale** și **Nelson**, 1966).

Scanned with OKEN Scanner

constitui pînă la 25—30% din cantitatea inițială de fosfor din granulă. O anumită cantitate de fosfat dicalcic se formează și din soluția concentrată în timpul interacțiunii ei cu solul din jurul granulei.

Deplasîndu-se prin capilaritate în solul din jur, soluția puternic acidă de superfosfat dizolvă în drumul ei oxizii de aluminiu, de fer și de mangan, carbonații de calciu și de magneziu și alți compuși minerali ai solului, aciditatea ei consumîndu-se în aceste reacții. Se formează o serie de fosfați complecși ce conțin Al, Fe, Ca, K care se aglomerează la suprafața particulelor de sol. Deși acești fosfați complecși sînt puțin solubili în apă, datorită suprafeței mari de contact cu soluția solului și al caracterului lor amorf, ei sînt accesibili plantelor.

Modificările care le suferă acest amestec de fosfați complecși depind de proprietățile generale ale solului.

În solurile acide se produc reacțiile:

$$Al(OH)_3 + H_3PO_4 \longrightarrow AlPO_4 + 3H_2O$$

$$Fe(OH)_3 + H_3PO_4 \longrightarrow FePO_4 + 3H_2O$$

In solurile alcaline, fosfatul secundar de calciu rezultat din solubilizarea granulei de superfosfat trece în hidroxilapatită, reacția producîndu-se în trei etape, trecînd mai întîi prin fosfat octocalcic (a), fosfat tricalcic (b) și hidroxilapatită (c) (Borlan, 1973):

a) $3CaHPO_4 + 2HO^- + Ca^{2+} + H_2O \longrightarrow Ca_4H(PO_4)_3 \cdot 3H_2O$

b) $2CaHPO_4 + 2HO^- + Ca^{2+} \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2O$

c) $3CaHPO_4 + 4HO^- + 2Ca^{2+} \longrightarrow Ca_5(PO_4)_3OH + 3H_2O$

După terminarea conversiei parțiale a fosfatului monocalcic în fosfat dicalcic și acid fosforic și după ieșirea soluției concentrate din granula de îngrășămînt în solul din jur, începe dizolvarea și spălarea în adîncime a sulfatului de calciu. Sulfatul de calciu este spălat mai repede și mai complet din soluri neutre, decît din cele acide. O parte apreciabilă a ionilor de sulfat poate fi reținută prin adsorbție în mod durabil în stratul arat al solurilor acide.

Se constată acumulări de sulfați ușor solubili mult mai mari în solurile acide decît în cele neutre și alcaline.

Transformările chimice ale fosfatului monocalcic nu influențează reacția solului în mod durabil din cauză că nu se determină pierderi de baze prin percolare în adîncime, ci, din contră, are loc o adsorbție mai fermă a ionilor fosfat în sol. Efectul de acidifiere a solului exercitat de îngrășămintele cu fosfor solubile în apă este puțin semnificativ, dar este important pentru aprovizionarea cu microelemente. În zonele cu aciditate mare (valori pH sub 2), lîngă granulele de îngrășămînt, capacitatea de mobilizare a microelementelor este în mod corespunzător mai mare.

Pe solurile acide spre neutre, îngrășămintele granulate cu un grad ridicat de solubilitate în apă sînt mai eficace decît îngrășămintele sub formă de praf, conținînd aceeași proporție de fosfor solubil în apă, cînd îngrășămîntul urmează a fi amestecat cu solul. Cu cît granula îngrășămîntului este mai mare, cu atît este mai mare eficacitatea sa în aceste condiții. Aplicarea în benzi a îngrășămintelor sub formă de praf dă rezultate mai bune decît amestecînd îngrășămîntul cu solul.

Pe solurile calcaroase, aplicarea fosfaților solubili în apă sub formă granulată dă, în general, rezultate bune. Îngrășămintele fosfatice cu solubilitate scăzută în apă (mai puțin de 50%) nu sînt potrivite pentru folosirea pe solurile calcaroase.

Chiar dacă solul conține mult fosfor accesibil, trecerea la agricultura intensivă face ca nivelul acestuia în sol să scadă și să se simtă nevoia aplicării îngrășămintelor cu fosfor.

Scanned with OKEN Scanner

Utilizarea de către plante a fosforului din îngrășăminte fiind scăzută în primul an după aplicare (sub 20%), conținutul solului în fosfor crește dacă se aplică sistematic îngrășăminte cu fosfor.

Pierderile de fosfor din sol nu au importanță din punct de vedere agricol. Cantitatea levigată anual este sub un kg P/ha. Pierderi mai mari pot apărea numai în condiții speciale, cum ar fi spălarea îngrășămîntului din solurile înghețate, în pantă, sau levigarea în solurile nisipoase.

În condiții similare sub aspect pedoclimatic, plantele reacționează divers la aplicarea îngrășămintelor cu fosfor. Pe solurile cu conținut ridicat de fosfați accesibili, nu reacționează nici una din specii la aplicarea îngrășămintelor cu fosfor. Cerealele preferă îngrășămîntul cu fosfor indiferent de solubilitate, din cauza sistemului lor radicular superficial dezvoltat, în timp ce unele specii leguminoase răspund slab la aplicarea îngrășămintelor cu fosfor. Reacția solului are o mare importanță în ceea ce privește eficiența îngrășămîntului.

În general, la folosirea îngrășămintelor cu fosfor ușor solubile, reacționează pozitiv toate speciile de plante, iar la aplicarea îngrășămintelor greu solubile se obțin sporuri de recoltă la trifoi și lupin.

Solurile acide montane, cultivate sau folosite ca pajiști, au cea mai mare nevoie de îngrășăminte cu fosfor, iar cernoziomurile se situează pe ultimul loc în această privință.

Aplicarea îngrășămintelor cu fosfor. Îngrășămintele cu fosfor pot fi aplicate o dată cu semănatul sau înainte de semănat.

Aplicarea îngrășămintelor cu fosfor la însămînțare. Se practică acest procedeu în special pentru îngrășămintele complexe, cu fosfor, însă poate fi utilizat și în cazul superfosfatului concentrat granulat. Îngrășămîntul se introduce în sol concomitent cu însămînțarea, atașînd la mașină fertilizatoarele speciale, care introduc granulele în sol, lateral de rîndul de semințe, la o distanță de 5 cm și sub nivelul de îngropare al seminței. Se folosește o doză de 7,5—20 kg P_2O_5/ha (vezi și subcap. 8.4).

Cercetările au scos în evidență că 15 kg de P_2O_5 din superfosfatul granulat introdus pe rînduri dau același spor de recoltă, ca 45 kg P_2O_5 la hectar superfosfat praf, aplicat prin împrăștiere.

Aplicarea îngrășămintelor cu fosfor înainte de semănat (de bază). Scopul aplicării îngrășămintelor de bază este de a îndepărta deficitul de fosfor din nutriția plantelor în decursul întregii perioade de vegetație. La folosirea lor se ține seamă de următorii factori: epoca de aplicare, adîncimea de încorporare, forma îngrășămîntului, doza și interacțiunea cu alte elemente nutritive.

Adîncimea de încorporare depinde de cultură, adică de adîncimea la care se află maximum de distribuție a rădăcinilor. Dozele depind de fertilitatea solului, de recolta planificată, de premergătoare, de îngrășămintele însoțitoare, ele oscilează de la 30—45 kg pînă la 90—120 kg P_2O_5/ha.

În țara noastră, marea majoritate a solurilor și a culturilor sînt interesate la fertilizarea cu fosfor. În prezent diferențierea pe teritoriul agricol al țării și pe culturi a cerinței de aplicare a îngrășămintelor cu fosfor și dimensionarea dozelor se face în funcție de conținutul de fosfor mobil al solurilor (*PAL*), de exigențele culturilor în raport cu recoltele scontate și de capacitatea acestora de a utiliza fosfații reziduali și fosfații proaspăt aplicați prin fertilizări curente, de asigurarea creșterii permanente a conținutului de fosfor spre nivelele optime de fosfatare a solului și de menținerea acestora după realizarea lor în timp.

Întrucît conținutul de fosfați mobili din sol crește, prin aplicarea îngrășămintelor, proporțional cu doza de P_2O_5 aplicat, este firesc ca doza optimă din punct de vedere tehnic (*DOT*) pentru a obține producția maximă posibilă să scadă proporțional cu creșterea conținutului de fosfați mobili în stratul arat al solului. Costurile actuale ale îngrășămintelor cu fosfor solubil impun orientarea spre aplicarea acestor îngrășăminte în doze optime din punct de vedere economic (*DOE*) (vezi subcap. 8.4).

Scanned with OKEN Scanner

Pentru asigurarea necesarului de fosfor pe toată durata vegetației, se cere ca îngrășămîntul cu fosfor să fie introdus în sol în jumătatea inferioară a stratului arat, în care se răspîndesc majoritatea rădăcinilor active.

Îngrășămintele ce conțin și fosfor insolubil în apă (fosforite măcinate, neactivate sau activate) se aplică numai pe soluri acide slab asigurate cu fosfați mobili.

Teste recapitulative

5.3.1. Arătați principalele forme minerale și organice ale fosfaților din sol. Descrieți procesele de reținere și fixare în care sînt implicate îngrășămintele cu fosfor după aplicarea în sol.
5.3.2. Prezentați cum se obțin și cum se utilizează în agricultură îngrășămintele cu fosfor solubile în apă și cele solubile în solvenți convenționali.
5.3.3. Arătați transformările chimice în care sînt implicați fosfații din îngrășăminte după aplicarea lor în sol.

5.4. AGROCHIMIA POTASIULUI

Potasiul este unul din elementele de importanță esențială pentru creșterea plantelor.

În 1866, B i r n e r și L u c a n u s (citați de R e e d, 1942), experimentînd creșterea ovăzului în soluții nutritive, au observat că potasiul influențează înflorirea și fructificarea și că nu poate fi substituit cu alt element.

Potasiul este unul din elementele nutritive absorbite de plante în cantitățile cele mai mari, cu excepția azotului în unele cazuri, avînd totodată o semnificație multiplă în cadrul interacțiunii sol-plantă.

5.4.1. POTASIUL ÎN PLANTĂ

Rolul fiziologic al potasiului. Funcțiile fiziologice ale potasiului în plantă pot fi rezumate astfel:

Diviziunea celulară se desfășoară complet numai în prezența potasiului. Organele meristematice și cele sexuale ale plantelor sînt deosebit de bogate în potasiu. O concentrație de potasiu ridicată favorizează creșterea țesuturilor vegetale.

În fotosinteză, potasiul participă la metabolismul dioxidului de carbon și în procesele de respirație (C o o p e r și colab., 1967; G o l a n, 1971). Sărurile de potasiu sînt activatori ai respirației, în special prin radiațiile beta emise de izotopul radioactiv. Aceste radiații favorizează formarea radicalilor acizilor grași care, combinîndu-se cu oxigenul, contribuie la formarea de peroxizi, oxidanți puternici. Peroxizii, acumulîndu-se în țesuturi, determină creșterea intensității respirației.

Acțiunea asupra formării, migrării și acumulării glucidelor. Între absorbția K în plante și conținutul lor în glucide există o strînsă corelație (M e n g e l, 1974). Potasiul favorizează translocările constituenților organici în organele de rezervă, ducînd la acumularea produselor de sinteză, la creșterea randamentelor și a calității recoltei. Pe de altă parte el participă la condensarea formelor de glucide simple (glucoză, fructoză, sucroză) în glucide complexe (amidon și celuloză) și la migrarea lor spre organele de rezervă (semințe, rădăcini, tuberculi). În metabolismul glucidic, activează fosfor-fructochinaza, enzimă ce transformă fructozo-6-fosfatul în fructozo-1-6-difosfat, înlesnind transferul anionului fosforic de la molecula macroergică a ATP-ului la fructozo-1-fosfat.

Acțiunea asupra formării proteinelor. În analizele curente de laborator se constată că plantele tinere sînt bogate atît în potasiu cît și în albumine (C a l a n c e a

Scanned with OKEN Scanner

și colab., 1983 și 1984). Aceasta înseamnă că potasiul are un rol important în metabolismul proteic.

Plantele insuficient aprovizionate cu potasiu conțin cantități mai ridicate de aminoacizi liberi și amide. În asemenea condiții crește mult conținutul acestora în glicol, acid aspartic, arginină (S i n c l ai r , 1969). Prezența fracțiunilor ridicate de azot solubil indică o blocare a sintezei proteinelor.

Acțiunea asupra formării lipidelor. Potasiul are acțiune favorabilă asupra conținutului de lipide la plantele oleaginoase. Cînd potasiul se găsește în cantități insuficiente, formarea lipidelor în semințele oleaginoaselor este semnificativ diminuată.

Acțiunea asupra activității enzimelor. E v a n s și S o r g e r (1966) au arătat că peste 40 de sisteme enzimatice ale plantelor, animalelor și microorganismelor sînt catalizate de potasiu. Aceste enzime iau parte la fosforilarea glicolică, la fosforilarea oxidativă, la respirație, sinteza protidelor și a amidonului.

Acțiunea potasiului asupra deschiderii și închiderii stomatelor. Rolul potasiului în deschiderea stomatelor este specific, în această funcție potasiul neputînd fi înlocuit de alt element. Numărul deschiderilor de stomate este mai mare la aplicarea corespunzătoare a potasiului (F i s c h e r, 1972). În cazul insuficienței potasiului, nu se pot închide stomatele pe vreme călduroasă, ceea ce conduce la pierderi mari de apă prin transpirație, adică la micșorarea rezistenței acestora la secetă.

Acțiunea potasiului asupra bilanțului de apă din plantă. Potasiul exercită o acțiune de reglare a bilanțului apei din plante (M e n g e l și F o s t e r, 1973). Totodată el influențează gonflarea substanțelor vegetale, turgescența celulelor vii, în special a celor tinere, gradul de hidratare, osmoza și deci permeabilitatea celulelor vii (A r n e k e , 1980).

Micșorează pierderile de apă prin transpirație (B r a g , 1972) și, prin urmare, consumul de apă pe unitatea de materie organică (L i n s e r și H e r w i g, 1968). Prin acumularea potasiului în xilem, scade potențialul osmotic al sevei, ceea ce mărește presiunea radiculară și crește absorbția apei (M e n g e l și P f l ü g e r, 1969).

Acțiunea potasiului asupra rezistenței la ger. Potasiul favorizează și grăbește maturarea fructelor și lemnului arborilor fructiferi. El determină colorația și conservarea fructelor.

Acțiunea potasiului asupra rezistenței plantelor la boli și dăunători. Potasiul, prin mărirea vigorii plantei, prin modificarea metabolismului acesteia, prin sinteza mai rapidă a amidonului, prin modificări morfologice și reglarea funcționării stomatelor, afectează nutriția agentului patogen sau a dăunătorului, mărind în felul acesta rezistența plantelor la atacul lor (P e r r e n o u d, 1977).

Este elementul ce mărește capacitatea de înfrățire la cereale și rezistența lor la cădere. Îmbunătățește calitatea fructelor și legumelor, mărindu-le durata la păstrare, iar la plantele rădăcinoase contribuie la dezvoltarea rădăcinilor. Favorizează acumularea în plantă a unor cantități mai mari de vitamina B_1 și B_2 (tiamină și riboflavină), de vitamină C și caroten. Ia parte la menținerea echilibrului acido-bazic al sucului celular (C a l a n c e a și colab., 1984).

Interacțiunea potasiului cu alte elemente nutritive. Absorbția potasiului și participarea sa în diverse procese fiziologice depind de starea de aprovizionare a plantei cu potasiu și cu alte elemente.

Interacțiunea K—N. Potasiul favorizează absorbția nitraților și reducerea acestora în plante. Față de ionul NH_4^+ prezintă acțiune antagonistă. Concentrația ionilor K^+ din plante trebuie să fie de 3—5 ori mai ridicată decît a ionului NH_4^+ pentru a se evita efecte antagoniste. La doze ridicate de azot, potasiul favorizează semnificativ conținutul plantelor în proteine și în potasiu (C a l a n c e a și colab., 1984).

Interacțiunea K—Ca. Calciul este necesar pentru nutriția normală a plantelor cu potasiu. Un antagonism între cele două elemente apare în cazul aplicării în exces a amendamentelor calcaroase, care pot induce carența de K; în cazul aplicării

Scanned with OKEN Scanner

unor doze mari de îngrăşăminte cu potasiu, este indusă carenţa de Ca. Cantitatea de potasiu absorbit în rădăcină scade cînd solul conţine un exces de calciu şi magneziu (B e c k e t t , 1964, 1971).

Interacţiunea K—Mg. Un exces de magneziu determină apariţia simptomelor de carenţă în potasiu şi invers. Un raport K: Mg = 1 permite ca acest fenomen antagonist să nu aibă loc.

Interacţiunea K—P. Dacă solul este sărac în potasiu şi bogat în magneziu, o fertilizare în exces cu fosfor poate conduce la o scădere a sporului de recoltă. Acest rezultat se datoreşte faptului că fosforul şi magneziul sînt o pereche de elemente ce se asociază în nutriţia plantelor. Un exces de fosfor determină un aflux de magneziu în plantă care blochează asimilarea potasiului. Invers, dacă solul este bogat în potasiu, fosforul poate, într-o anumită măsură, să micşoreze carenţa de magneziu.

Interacţiunea K—Fe. Acţiunea toxică a ferului în exces, care se întîlneşte frecvent pe solurile acide, poate fi combătută printr-o fertilizare cu potasiu. B ă g l l i (1973) a arătat că Fe^{2+} în exces este eliminat prin rădăcini, în cazul cînd plantele sînt bine aprovizionate cu potasiu.

Interacţiunea K—B. Dozele mari de îngrăşăminte cu K aplicate la plante sensibile la insuficienţa de B (sfeclă, lucernă, culturi legumicole) pot determina apariţia simptomelor de carenţă în acest element şi invers, aplicarea boraţilor poate micşora asimilarea potasiului.

Interacţiunea K—Na. La unele specii de plante, ca cele din familia Chenopodiaceae (sfeclă, lobodă, spanac şi altele), Na poate suplini, în unele cazuri, funcţiile secundare ale K. Absorbţia sodiului de către plante se micşorează mult în prezenţa potasiului. Prin mecanismul denumit „pompa de Na" se împiedică pătrunderea în exces a sodiului în celule. În felul acesta se menţine un anumit echilibru între ionii Na^+ şi K^+ din plantă.

Simptome vizuale ale insuficienţei de potasiu. Simptomele insuficienţei de potasiu apar prima dată pe frunzele mature ale plantelor şi nu pe cele tinere sau pe vîrfurile de creştere; aceasta se explică, pe de o parte, prin faptul că potasiul absorbit din sol se deplasează direct la punctele de creştere, pe de altă parte el este translocat de la frunzele mature spre cele tinere. De aceea, insuficienţa se manifestă în primul rînd la frunzele în vîrstă, prin decolorare mai pronunţată ca la altele. La insuficienţă în ioni de potasiu mai avansată, simptomele se observă pe toată planta şi, ca urmare, aceasta se usucă.

Simptomul caracteristic insuficienţei potasiului este apariţia de arsuri pe frunze sau pe marginile acestora, proces ireversibil. Are loc maturarea timpurie a plantelor. Apare cloroza frunzelor, acestea trecînd de la culoarea galben-deschis la culoarea brună, după care urmează brunificarea acestora.

La legume, primul simptom al insuficienţei de potasiu este apariţia unor pete albicioase sau pistruirea frunzelor.

Plante indicatoare ale insuficienţei potasiului. Ca plante ce indică insuficienţa de potasiu pot fi menţionate: cartoful, trifoiul, lucerna, fasolea, tutunul, dovleacul, tomatele, porumbul, sfecla, salata, ovăzul, grîul, prunul şi altele.

Excesul de potasiu. Fenomenul se constată printr-un conţinut foarte ridicat în potasiu al frunzelor raportat la conţinutul normal, necrozarea frunzelor şi oboseala plantelor. Această oboseală poate fi indusă de aplicarea unor doze mari de îngrăşăminte cu potasiu care produc insuficienţe în alte elemente, ca, de exemplu, în Mg, Zn şi P.

Absorbţia potasiului de către plante. Absorbţia potasiului are loc numai sub formă de ioni, fiind o absorbţie activă. Planta îl foloseşte în cantităţi foarte mari comparativ cu alte specii de cationi, fiind singura specie care poate fi transportată în celula radiculară împotriva unui gradient electrochimic. În timpul absorbţiei radiculare pot avea loc acţiuni competitive între diversele specii de ioni pentru pătrunderea lor în plantă, cum s-a arătat mai înainte. Transportul activ presupune că forţele electrice şi cele cinetice din citoplasmă sînt insuficiente pentru deplasarea

Scanned with OKEN Scanner

ionilor, de aceea este necesară o energie suplimentară. La acest proces participă moleculele transportoare de ioni, care pot fi specifice și nespecifice.

Intensitatea absorbției potasiului depinde de specia de plantă, de dezvoltarea sistemului radicular și de capacitatea lui de schimb cationic, de lungimea perioadei de vegetație, de concentrația ionilor de potasiu în zona perilor absorbanți și de prezența altor specii de cationi.

5.4.2. POTASIUL ÎN SOL

Rezervele solului în potasiu. Potasiul este unul din elementele de nutriție cu răspîndire largă în scoarța terestră. Conținutul mediu în potasiu total al litosferei (pe adîncimea de 16 km) este de 2,4% (după Clarke și Washinton, 1924), respectiv, 2,6% (după Vinogradov, 1949). Comparativ cu fosforul, care se găsește în scoarța terestră în proporție de 0,11%, potasiul se află în cantitate de 24 ori mai mare.

Rocile magmatice (granit, granodiorit, diorit, gnais, gabroul etc.) au în compoziția lor minerale bogate în potasiu, de aceea solurile formate pe asemenea roci sînt mai bogate în potasiu comparativ cu cele formate pe roci conținînd minerale silicoase.

Mineralele secundare (argiloase), în funcție de natura și proveniența lor, au un conținut relativ ridicat de potasiu. Din acest motiv solurile argiloase conțin pînă la 3% K din masa lor, iar cele argiloase alcaline pînă la 8%.

Solurile lutoase și luto-nisipoase au un conținut mediu de potasiu de 2%, iar cele nisipo-lutoase și nisipoase au un conținut de 0,2—0,3%. Cele turboase au cel mai scăzut conținut de potasiu (0,05—0,15%).

Formele de potasiu în sol. În sol se disting următoarele forme de potasiu: potasiul nativ (din minerale), potasiul fixat, potasiul schimbabil, potasiul solubil și potasiul legat organic.

Potasiul nativ. Se găsește în sol în cantitate mai mare decît celelalte forme, făcînd parte din constituția feldspaților (10—17,7%), a micelor (5,1—10,2%), precum și din compoziția altor minerale (1,9—17%). Mineralele primare ce conțin potasiu constituie sursa inițială de potasiu în sol. În cazul cînd aceste minerale sînt lipsite de potasiu, mineralele secundare ce iau naștere prin alterarea celor primare vor fi lipsite de acest element și, în consecință, solul va fi lipsit de posibilitatea aprovizionării plantelor cu potasiu.

Importanța mineralelor primare ca sursă de potasiu crește cu cît acestea pot fi mai ușor supuse alterării. În urma proceselor de alterare-dezagregare, mineralele primare se transformă în minerale secundare, care participă la procesele ce influențează accesibilitatea potasiului din sol.

În general este inaccesibil atît potasiul din mineralele primare cît și cel din mineralele secundare, dar poate ajunge în stare accesibilă plantelor numai în urma acțiunii a două procese.

— *Alterarea biologică a mineralelor.* În timpul activității microorganismelor rezultă acid carbonic, ioni de NO_3^- și SO_4^{2-}, numeroși acizi organici. Acizii minerali și cei organici acționează asupra mineralelor primare sau secundare (biotit, muscovit, glauconit, microclin, nefelin, leucit, ortclaz etc.) pe care le degradează, punînd potasiul în libertate. Unii acizi organici, prin capacitatea lor de a chelatiza ionii din minerale, modifică structura lor făcînd potasiul să devină ușor mobil.

Dintre microorganismele care participă activ la eliberarea potasiului din mineralele primare este *Bacillus mucilaginosus*, care are un rol important în nutriția potasică a unor specii de plante forestiere.

— *Deplasarea potasiului în cadrul unui sistem în echilibru.* Absorbția potasiului din soluția solului de către microorganisme duce la imobilizarea lui în celule și la sărăcirea soluției în acest element. Prin aceasta se creează un dezechilibru potasic,

Scanned with OKEN Scanner

care se restabilește prin trecerea unei cantități echivalente de potasiu din mineralele cu potasiu în soluția solului, conform legii echilibrului chimic.

Potasiul fixat (extractibil cu acizi minerali). Este forma de potasiu ce se găsește reținut în spațiile dintre două pachete de aluminosilicați ce alcătuiesc rețeaua cristalină a mineralelor argiloase, în porii zeoliților și permutiților. Fixarea are loc prin umeziri și uscări alternative ale solului, cînd pachetele de aluminosilicați ce alcătuiesc particulele de argilă se depărtează sau se apropie, iar ionii de potasiu pătrund în aceste spații o dată cu moleculele de apă, satisfăcînd valențele negative libere ce rezultă în urma substituțiilor izomorfe. O atracție (fixare) mai puternică a ionului K^+ devine posibilă dacă substituirea izomorfă are loc în foița de octoedre de aluminiu, unde ionul Al^{3+} este înlocuit cu ioni divalenți de Mg^{2+} (Duthion, 1966).

În fixarea potasiului în spațiul interlamelar, aluminiul joacă un rol deosebit de important. În mediu neutru, aluminiul sub forma de hidroxid precipită formînd așa-numitele dopuri ce blochează accesul între interiorul și exteriorul spațiului interlamelar (vezi figura 3.9).

Fixarea potasiului depinde de natura mineralelor argiloase, de structura rețelei cristaline (expandabilă sau neexpandabilă) și dacă acest spațiu este sau nu ocupat în prealabil de alți cationi, fixați mai mult sau mai puțin puternic.

În raport cu natura mineralelor argiloase fixarea potasiului se poate manifesta astfel: nu are loc la caolinit, clorit; fixare slabă, la montmorilonit; fixare mijlocie și puternică la illit; fixare foarte puternică la vermiculit.

După saturarea montmorilonitului cu potasiu, puterea de fixare a solului se micșorează (Duthion, 1966).

Potasiul joacă un rol important în schimbarea proprietăților mineralelor argiloase. Prin pierdere sau acumulare de potasiu, între pachetele ce alcătuiesc rețeaua cristalină a particulei minerale are loc o schimbare a naturii mineralului prin modificarea echilibrului spre dreapta sau spre stînga:

$$\text{Mică} \rightleftharpoons \text{Illit} \rightleftharpoons \text{Vermiculit} \rightleftharpoons \text{Montmorilonit}$$

Potasiul fixat se apreciază din punct de vedere cantitativ a fi de 99% din potasiul total, conținut în solurile minerale, și la 1—4% din greutate și se calculează cu relația:

$$K \text{ fixat} = K \text{ total} - (K \text{ adsorbit} + K \text{ din soluția solului})$$

Potasiul schimbabil. Este cel reținut de sarcinile negative ale complexului adsorbant și care poate fi ușor deplasat de soluții saline slabe. Prin urmare, este potasiul sub formă de ioni care se găsește adsorbit de coloizii solului, cantitativ reprezentînd mai puțin de 1% din potasiul total al solurilor minerale.

Conținutul în potasiu al solurilor nisipoase este deosebit de scăzut, fiind de 0,09—0,2% din potasiul total. În solurile albice și în cele cenușii de pădure se găsește în cantitate de 0,4—1,1% din total, iar la cernoziomuri valorile sînt mai ridicate, între 1,6—1,8% din total (Chiriac, 1975).

Disponibilitatea potasiului sub formă schimbabilă depinde de textura solului. Se admite că pentru solurile argiloase conținutul de potasiu schimbabil trebuie să fie între 25—30 mg K/100 g sol, iar pentru cele lutoase 20—22 mg K/100 g sol.

Se apreciază că pentru solurile cultivate conținutul de potasiu schimbabil oscilează între 8—33 mg K/100 g sol, ceea ce corespunde cu 240—1 000 kg K/ha strat arabil.

Natura solului și bilanțul potasiului schimbabil. Reținerea potasiului în sol depinde de natura componentelor argiloase. Într-un sol sărac în illit, reținerea potasiului va fi slabă. El se va epuiza mai repede decît în solurile bogate în illit. În acest caz, fertilizarea cu potasiu trebuie să se facă anual și în cantități corespunzătoare cu necesitățile plantelor.

Scanned with OKEN Scanner

Solurile bogate în illit reţin cantităţi mari de potasiu sub formă schimbabilă. Illitul are putere de tamponare ridicată pentru potasiu (putere de cedare), fapt care implică administrarea de doze mari de potasiu, deoarece cu doze moderate nu se obţin sporuri evidente de recoltă. Explicaţia constă şi în faptul că, forţa de reţinere a potasiului fiind mare, ritmul de cedare a acestuia nu coresunde cu cerinţele unor plante de cultură (Sala şi Kafkavi, 1972).

Potasiul solubil. Este potasiul din sărurile solubile în soluţia solului şi cel care se găseşte în soluţie sub formă ionizabilă în echilibru cu ionii adsorbiţi de complexul coloidal.

Sărurile de potasiu adăugate în sol şi cele ce se formează în urma activităţii biologice sînt uşor solubile în apă. Ionii rezultaţi din disociere intră în reacţie de schimb cu cationii din complexul coloidal, în reacţii de schimb cationic cu substanţele din compoziţia chimică a fazelor lichidă şi solidă sau este fixat sub formă neschimbabilă.

Concentraţia potasiului solubil, respectiv a ionilor de potasiu în soluţia solului, este de 0,1—3 me/l (Mengel, 1968), atingînd doar 1/5—1/10 din potasiul care se găseşte sub formă adsorbită.

Este translocat prin procesele de difuzie şi o dată cu mişcarea apei din sol. În anii ploioşi, în urma irigaţiei în exces, potasiul suferă procese de levigare. Potasiul solubil este forma cea mai accesibilă plantelor.

Potasiul legat organic. Este potasiul ce se găseşte sub formă de ioni în sucul celular din resturile vegetale şi ca ion reţinut sub formă schimbabilă de humusul solului şi de acizi organici. De asemenea, ca potasiu legat organic poate fi considerat şi cel din corpul microorganismelor din sol. Materia organică humificată contribuie la creşterea capacităţii de schimb a solului şi la creşterea corespunzătoare a formei schimbabile de potasiu.

Echilibrul diferitelor forme de potasiu din sol şi factorii ce influenţează echilibrul. Între formele de potasiu din sol se stabileşte un anumit echilibru. Dacă se schimbă concentraţia şi activitatea potasiului unei forme, atunci are loc o mişcare de compensare reversibilă a tuturor formelor de potasiu pînă cînd se realizează un nou echilibru. Echilibrul dintre forma schimbabilă a potasiului şi cea solubilă în soluţia solului se realizează potrivit legii lui Gapon (vezi relaţia (3.2) de la pag. 52).

Tandille şi colab. (1956), Mortland (1961) au stabilit în experienţele efectuate pe soluri argiloase că o parte din potasiul ce anterior se găsea sub formă solubilă sau schimbabilă a trecut în potasiu fixat sau în potasiu nativ din reţeaua cristalină a mineralelor argiloase, şi invers. Această dinamică poate fi reprezentată astfel:

$$\text{K solubil} \rightleftharpoons \text{K adsorbit} \rightleftharpoons \text{K fixat interlamelar} \rightleftharpoons \text{K nativ}$$

Factorii ce influenţează echilibrul potasiului din sol sînt: capacitatea de schimb cationic a solului, natura coloizilor din sol, umezirea şi uscarea, reacţia solului.

Concentraţiile ionului K^+ în soluţia solului depind, într-o măsură importantă, de *capacitatea de schimb cationic* a solului. Cu cît capacitatea de schimb cationic este mai ridicată, cu atît variaţia concentraţiei soluţiei solului este mai scăzută în timpul modificării echilibrului (Henze, 1963; Marcket, 1965; Loneragan, 1968). În astfel de soluri, viteza de cedare a ionilor de K^+ în soluţia solului este scăzută, însă constantă pe o perioadă îndelungată de timp. Echilibrul iniţial se restabileşte după fiecare modificare a acestuia. Astfel de soluri au capacitate tampon ridicată faţă de potasiu (uşurinţa mai mare sau mai mică a ionilor K^+ din sol de a trece dintr-o formă în alta).

Solurile cu capacitate mijlocie de schimb ionic, lutoase sau luto-nisipoase, cedează potasiul relativ uşor, fiind capabile să aprovizioneze ritmic plantele cu cantităţi suficiente de potasiu.

Solurile cu capacitate de schimb scăzută, nisipoase şi sărace în humus, se deosebesc printr-un conţinut ridicat de potasiu în soluţia solului, în special după

Scanned with OKEN Scanner

fertilizare cu potasiu. Aici asigurarea plantelor cu potasiu se face pe o perioadă scurtă de timp.

Coloizii solului au influență deosebită în restabilirea echilibrului între diferitele forme de potasiu din sol.

Coloizii organici, reprezentați prin substanțele humice, au proprietatea de a reține potasiul numai sub formă schimbabilă. După restabilirea echilibrului potasiului în sol, coloizii organici, datorită marii lor capacități de schimb cationic, încep să concureze cu fracțiunea argiloasă pentru adsorbția potasiului. În urma acestei concurențe se micșorează pericolul fixării potasiului din îngrășăminte de către mineralele argiloase. Prin urmare aplicarea îngrășămintelor organice reprezintă un mijloc de a micșora fixarea K de către mineralele argiloase (A s l ă n d e r, A r m a l i c k, 1964; W e l t e, 1961).

Coloizii minerali rețin potasiul mai mult sau mai puțin puternic, funcție de natura lor. Astfel, în andosoluri unde predomină coloizi amorfi de tip allofanic, potasiul este reținut sub formă schimbabilă. Cînd predomină mineralele argiloase cu structură cristalină, reținerea potasiului depinde de natura solurilor. Astfel, dacă predomină caolinitul (în soluri puternic debazificate), acesta reține potasiu numai sub forma schimbabilă și în cantități scăzute. Dacă solul conține illit sau vermiculit, potasiul este reținut sub formă fixată și sub formă schimbabilă. Dacă predomină montmorilonitul, solul reține potasiul mai mult sub formă schimbabilă decît sub formă fixată.

Rezultă că o combinație dintre diverse minerale argiloase este avantajoasă, deoarece solul are surse de potasiu ușor schimbabil, greu schimbabil și fixat, avînd posibilitatea de a preveni levigarea potasiului din îngrășăminte și de a împiedica epuizarea lui din sol într-o perioadă scurtă de timp. Fracțiunea prăfoasă, care conține și minerale primare, reprezintă de asemenea o sursă de potasiu, pe lîngă cea argiloasă.

Umezirea și uscarea. Cantitatea de apă din sol influențează în primul rînd conținutul în potasiu solubil și potasiu schimbabil și, în al doilea rînd, K fixat greu accesibil.

În condiții de umezire, K solubil și K schimbabil apar în cea mai mare parte în stratul arabil. Micșorarea permeabilității, datorită unui orizont compact, poate determina acumularea K mobil în orizontul superior.

Creșterea umidității diluează soluția solului, avînd loc o adsorbție mai intensă a cationilor divalenți și desorbția cationilor monovalenți, conform legii rapoartelor stabilită de S c h o f i e l d (vezi subcap. 3.4.2).

Ca urmare, mobilitatea ionului potasiu crește față de aceea a cationilor divalenți și se îmbunătățește nutriția plantelor cu potasiu. Totuși, pe solurile cu exces de umiditate s-a constatat o aprovizionare slabă cu potasiu a plantelor. Explicația este pusă în legătură cu aerația slabă a solurilor în zona de răspîndire a sistemului radicular (L a w t o n, C o o k, 1954).

În cazul uscării solului are loc o fixare mai accentuată a potasiului. Aceasta se explică prin pierderea apei dintre pachetele de montmorilonit sau vermiculit, apropierea mai accentuată a acestora și imobilizarea potasiului în spațiile interlamelare.

Temperatura. Creșterea temperaturii sporește mobilitatea ionilor de K^+ în sol influențînd pozitiv absorbția lui de către plante. Mărește viteza de difuziune, accelerează reacțiile chimice, respectiv creșterea potențialului chimic, discoierea etc. Prin urmare creșterea temperaturii are tendința de a mări cantitatea de potasiu schimbabil și solubil.

pH-ul solului. Ca urmare a debazificării, solurile acide sînt sărace în potasiu. Cînd se aplică doze mari de potasiu în solurile acide cu *p*H sub 5,5, se intensifică schimbul lor în soluția solului cu ionii de Al^{3+}. Pe astfel de soluri, culturile nu răspund la fertilizarea cu potasiu din cauza intensificării acțiunii toxice a ionului Al^{3+}. Pe aceste soluri, este necesar mai întîi să se aplice amendamente calcaroase, pentru

Scanned with OKEN Scanner

precipitarea ionilor de Al^{3+} sub formă de $Al(OH)_3$ și apoi să se administreze îngrășăminte cu potasiu.

În solurile acide, ionul de K^+ este reținut slab din cauza ionului de hidroniu (H_3O^+), care dislocuiește ușor ionul de K^+ (R i c h , 1964). În solurile neutre și slab alcaline, capacitatea de reținere a potasiului crește.

Conținutul în potasiu al solurilor din România. Starea de aprovizionare cu potasiu a solurilor din țara noastră a interesat un număr important de cercetători, pentru a stabili nevoia aplicării îngrășămintelor cu potasiu.

Conținutul total de potasiu din solurile țării noastre este cuprins între 1,25—1,90% K. Pe adîncimea de 1 m el reprezintă de la 160—250 t/ha, iar pe adîncimea de 0—30 cm rezerva totală de potasiu este între 3,5—50 t K/ha. În orizontul superior, valoarea procentuală poate să scadă pînă la 0,56—1% K (D. D a v i d e s c u și V e l i c i c a D a v i d e s c u, 1979).

C e r n e s c u și colab. (1961), analizînd potasiul din sol, solubil în HCl concentrat, considerat potasiu potențial accesibil plantelor, au găsit variații între 1,9—3,0% K, pentru cernoziomuri și soluri brun roșcate și sub 1,9% pentru cernoziomuri argilo-iluviale.

În funcție de conținutul de potasiu solubil în soluția de acetat-lactat de amoniu, aprovizionarea cu potasiu este scăzută pe 6% din suprafața arabilă a țării, mijlocie pe 30% și bună pe 64%.

Solurile din Cîmpia Română, formate pe loess și materiale loessoide, au nevoie de îngrășăminte cu potasiu numai în cazul culturilor ce necesită un consum ridicat din acest element și al culturilor în regim irigat.

În condițiile cultivării unor hibrizi de porumb de mare productivitate, chiar pe soluri bine aprovizionate cu potasiu a apărut necesitatea utilizării îngrășămintelor cu potasiu (C h i r i a c și A t a n a s e s c u, 1973).

Solurile acide, caracteristice zonelor cu precipitații abundente, au un conținut scăzut de potasiu accesibil plantelor.

Solurile cu saturație în baze sub 30%, caracteristice depresiunilor submontane (Făgăraș, Oaș, Baia Mare, Lăpuș și platformele piemontane) sînt cele mai sărace în potasiu. Astfel de soluri se epuizează repede, prin cultivarea fără aport de gunoi de grajd sau îngrășăminte chimice.

Potasiul în hidrosferă. Potasiul se găsește constant în apa mărilor, oceanelor și a lacurilor sărate (0,037% K), unde ajunge din apa fluviilor și a rîurilor care l-au spălat din rocile și solurile pe care le-au traversat. Originea zăcămintelor naturale de săruri potasice o constituie apa Oceanului Planetar. Ele sînt sedimente ce au cristalizat în lagunele mărilor și oceanelor sau în lacurile din zonele deșertice pe măsura evaporării apei în perioada Permianului, acum circa 200 milioane de ani. Depunerile de săruri în straturi s-au făcut în ordinea gradului lor de solubilitate (fig. 5.18). Ulterior aceste straturi de săruri ușor solubile au fost acoperite cu un strat de argile, ferindu-le de solubilizarea apelor de infiltrație. Sub influența factorilor naturali, asemenea depozite au suferit multiple transformări chimice și mineralo-petrografice ducînd la formarea de minerale și roci, funcție de condițiile locale ale zăcămintelor.

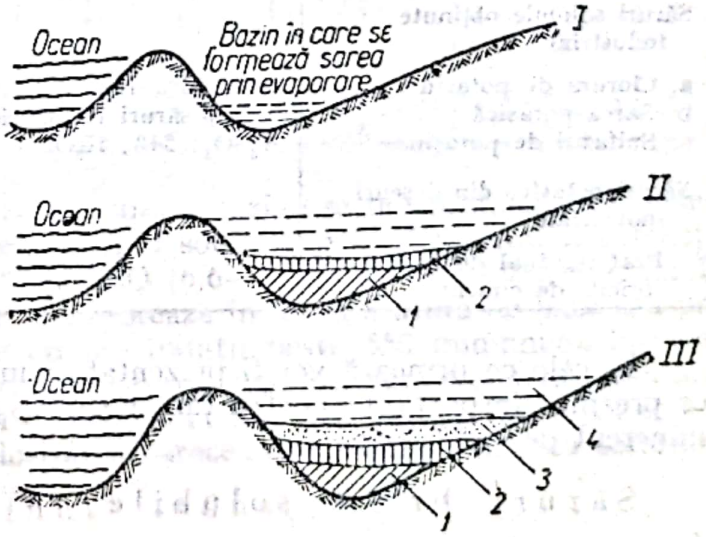


Fig. 5.18. Formarea depozitelor de săruri de potasiu
I, II, III — fazele geologice ale formării depozitului de săruri de potasiu;
1 — stratul bazal (gips, dolomit); *2* — sare gemă; *3* — sare de potasiu; *4* — argilă sărată.

Scanned with OKEN Scanner

5.4.3. ÎNGRĂŞĂMINTE CU POTASIU

Minereurile de potasiu reprezintă sursa principală de îngrăşăminte pentru agricultură. Rezervele mondiale sînt apreciate la peste 50 miliarde t K_2O. Cea mai mare concentrare se află în URSS (Verhoekamsk) în zăcăminte de origine marină, reprezentînd 49% din rezervele mondiale, URSS fiind cea mai mare producătoare de îngrăşăminte cu potasiu. A doua ţară cu asemenea rezerve este Canada, rezervele acesteia reprezentînd 37% din cele mondiale. Restul rezervelor se află în RDG, RFG (Strassfurt), Spania (Valea Ebrului), Franţa (Alsacia), SUA (New Mexico), Asia, Africa şi America de Sud (Adams, 1968).

La noi în ţară, rezervele de potasiu sînt scăzute. Ele se găsesc în zăcămintele de la Tazălu-Piatra Neamţ, la Gălean-Tg. Ocna, Schitu, Frumoasa, Cucuieţi-Solonţ, extinzîndu-se pînă în Maramureş.

Zăcămîntul de la Tazlău conţine circa 80% din potasiu sub formă de sulfaţi (polihalit, langbeinit, kainit) şi numai 20% sub formă de cloruri (silvin).

Compuşii minerali uitlizaţi ca îngrăşămînt se clasifică în raport cu solubilitatea şi provenienţa lor (tabelul 5.19).

Tabelul 5.19

Clasificarea sărurilor naturale şi a îngrăşămintelor cu potasiu

Produsul şi grupa	Formula chimică, caracterizare
Săruri brute insolubile	
a. Leucit	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$; 21,5% K_2O
b. Nefelin	$(K, Na)_2OAl_2O_3 \cdot 2SiO_2$; 5,8% K_2O
c. Glauconit	$KFeSi_2O_6 \cdot nH_2O$ (nisip verde închis); 2,3—9,5% K_2O
d. Porfirit	5—10% K_2O (4,1—8,3% K)
Săruri brute solubile	
a. Silvin	KCl; 63,1% K_2O (52,3% K)
b. Silvinit	$NaCl \cdot KCl$; 12—20% K_2O (10—16% K)
c. Carnalit	$KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$; 8—17% K_2O (6,6—14% K)
d. Kainit	$KCl.MgSO_4 \cdot 3H_2O$; 12—18% K_2O (10,0—14,8% K)
e. Hartsaltz	$KCl \cdot NaCl \cdot MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 14—16% K_2O (11,6—13,3% K)
f. Polyhalit	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$; 14—15% K_2O (11,6—12,4% K)
g. Langbeinit	$K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4 + nNaCl$; 15—20% K_2O (12,4—16,6% K)
Săruri solubile obţinute industrial	
a. Clorura de potasiu	KCl; 63% K_2O
b. Sarea potasică	KCl + săruri brute; 40% K_2O
c. Sulfatul de potasiu	K_2SO_4; 54% K_2O
Săruri potasice din deşeuri industriale	
Praf rezidual de la fabricile de ciment	

În cele ce urmează vor fi prezentate numai sărurile folosite ca îngrăşăminte, ce prezintă importanţă pentru ţara noastră, precum şi cele ce se pot obţine din minereul de la Tazlău.

Săruri brute solubile

Minereul potaso-magnezian de la Tazlău. Compoziţia mineralogică a zăcămintelor din zona de contact a flişului carpatic cu cea de podiş din Moldova se caracterizează prin predominarea sulfaţilor faţă de cloruri şi conţinutul ridicat de material argilos (tabelul 5.20).

Tabelul 5.20

Compoziția mineralogică a minereului de la Tazlău (după I.C.P.M.S.N. Cluj-Napoca)

Denumirea minereului	Conținutul în K_2O %	Formula chimică
Anhidrit	1—3	$CaSO_4$
Langbeinit	3—15	$K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$
Polyhalit	10—25	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Argilă	10—25	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
Kieserit	1—7	$MgSO_4 \cdot H_2O$
Gips	1—3	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Leonit	1—10	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$
Halit	20—40	NaCl
Kainit	5—25	$KCl \cdot MgSO_4 \cdot 2{,}75H_2O$
Schönit	1—15	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$
Silvinit	1—5	KCl
Esponit	1—7	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$
Carnalit	1—2	$KCl \cdot MgCl \cdot 6H_2O$

În vederea îmbogățirii în potasiu minereul se sfărîmă selectiv și se sortează granulometric pe două categorii: sub 1,2 mm diametrul, iar pentru agricultură sub 3 mm. Limitele de variație a compoziției celor două sorturi sînt prezentate în tabelul 5.21.

Tabelul 5.21

Compoziția chimică a minereului sfărîmat selectiv

Produsul (minereul) sfărîmat cu particule avînd:	Extracția %	Componentele determinate, %										
		SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Cl^-	SO_4^{2-}	NaCl	Insolubil
Produsul 1 cu diametrul sub 1,2 mm	35	1,12	1,44	1,10	1,96	9,10	13,00	20,00	27,55	20,21	35,80	6,78
Produsul 2, cu particule avînd sub 3 mm	65	7,20	6,80	1,23	3,98	10,50	10,00	10,75	17,83	34,07	20,80	17,33

Proprietăți și utilizare. Minereul potaso-magnezian se prezintă sub forma unei pulberi de culoare cenușie, cristalină, parțial solubilă și higroscopică. Are reacție potențial acidă. Conține între 8—10% K_2O (6,6—8,3% K) și 6—7% Mg, iar în timpul păstrării se aglomerează. Se încorporează în sol la arătura de bază sau primăvara, fiind recomandat în zone cu precipitații peste 550 mm anual. Prezintă eficiență la cultura sfeclei de zahăr, porumb, pe pajiști naturale și artificiale. Mărește producția vegetală cu 10—14% (Calancea și colab., 1984). În zonele secetoase nu se recomandă a fi folosită, deoarece favorizează salinizarea solurilor.

Săruri solubile obținute industrial

Clorura de potasiu, KCl. Se obține din cristalizarea fracționată a silvinitului în soluții concentrate de NaCl. Clorura de sodiu își modifică foarte puțin solubilitatea în raport cu creșterea temperaturii, pe cînd KCl își dublează solubilitatea la creșterea temperaturii.

Scanned with OKEN Scanner

Silvinitul măcinat se dizolvă în apă încălzită la 100°C, apoi aceasta se răcește, iar KCl se depune și se separă. În soluția saturată cu NaCl se introduce o nouă șarjă de silvinit, se încălzește, se solubilizează KCl, iar NaCl în exces se depune și se separă, apoi soluția se răcește și se depune KCl care se separă. Operațiunea se repetă.

Clorura de potasiu este o sare cristalină, de culoare albă, solubilă în apă. La 20°C se dizolvă 34 g/100 ml soluție, iar la 100°C se dizolvă 36,2 g/100 ml. Este higroscopică. Are reacție potențial acidă, deși chimic este o sare neutră. Conține 60—62,5% K_2O (49,8—51,8% K). În timpul păstrării se aglomerează. Acest neajuns se înlătură prin amestecare cu alte îngrășăminte. Datorită conținutului ridicat în ioni Cl^-, influențează negativ dezvoltarea unor specii de plante.

Se încorporează în sol la arătura de bază, în zona dezvoltării maxime a rădăcinilor, de unde Cl^- poate fi mai ușor îndepărtat prin spălare. Poate fi aplicată și primăvara, încorporîndu-se în sol cu ajutorul cultivatorului, pe soluri cu textură nisipoasă și în regiuni cu precipitații abundente. Tot primăvara se aplică și la plante ce nu suportă, în prima fază de vegetație, o concentrație ridicată de ioni Cl^-.

Sarea potasică. Se obține din amestecul clorurii de potasiu cu săruri naturale de potasiu măcinate (silvinit, carnalit, cainit etc.) Există trei sortimente de sare potasică, după proporția amestecurilor dintre KCl și diferite săruri naturale.

Sare potasică 30%. Este de culoare roșietică și se prezintă ca granule sub 3 mm diametru, este higroscopică datorită conținutului relativ ridicat în NaCl. Conține $MgCl_2$ și K_2SO_4 ca produși secundari. Are un conținut de 28—32% K_2O (23—26,5%K) și 8% $MgSO_4$. Se recomandă la culturile de sfeclă de zahăr, plante furajere, pe soluri mediu și bogate în argilă.

Sare potasică 40%. Se prezintă sub formă de pulbere cristalină, cenușie-roz, cu particule galbene și roșii, după natura impurităților. Este higroscopică (datorită conținutului relativ ridicat de NaCl, 24—26%). Conține 18—42% K_2O (31—35% K), $MgSO_4$ 41,5%, $MgCl_2$ 1,5% și $CaSO_4$ 5%. Se folosește la fertilizarea de bază cu cel puțin 15 zile înainte de însămînțat.

Sare potasică 50%. Se prezintă sub formă de cristale albe-cenușii, este higroscopică (conține NaCl 13%) și $MgCl_2$ 1,1%), de aceea trebuie păstrată în spații uscate. Conținutul în K_2O este de 48—52% (40—43% K). Prin spălare cu apă rece se poate obține un concentrat cu 60% K_2O. Se poate utiliza la toate culturile, cu excepția celor clorofobe. Se folosește frecvent în amestec cu alte îngrășăminte.

Sulfatul de potasiu. Se obține prin schimb ionic sau prin tratarea termică a sărurilor de tip leonit ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$) sau de tip schoenit ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$):

$$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O + 2KCl = 2K_2SO_4 + MgCl_2 + 6H_2O$$

$$MgSO_4 + 2KCl = K_2SO_4 + MgCl_2$$

Datorită operațiunii de dizolvare, tratare cu clorură de potasiu și cristalizare, K_2SO_4 este mai scump decît celelalte săruri potasice; din acest motiv reprezintă doar 4—5% din cantitatea totală de îngrășăminte cu potasiu folosită pe plan mondial.

Sulfatul de potasiu este un produs mai valoros decît clorura de potasiu și sarea potasică deoarece ionul SO_4^{2-} este ușor suportat de majoritatea plantelor. Se prezintă sub forma unei pulberi cristaline (cristale romboedrice), albă cînd este curată și cenușiu deschis cînd conține impurități. Nu este higroscopică, nu se aglomerează, solubilitatea în apă este mult mai scăzută ca a clorurii de potasiu. La 20°C se dizolvă 11,1 g K_2SO_4/100 ml apă. Are reacție potențial acidă. Ca îngrășămînt conține 90—96% K_2SO_4, adică 48,5% K_2O (31% K).

Se recomandă pentru culturile care nu suportă clorul și la cele din sere. Se poate administra la fertilizarea de bază înainte de însămînțare și la fertilizarea suplimentară în cursul perioadei de vegetație.

Scanned with OKEN Scanner

Săruri potasice obținute din deșeuri

Praful de la fabricile de ciment. Majoritatea silicaților naturali folosiți la fabricarea cimentului conțin și potasiu. La temperatura înaltă a cuptorului de calcinare, potasiul din silicați trece, în prezența ionilor de clor, în KCl volatilă. Aceasta părăsește cuptorul o dată cu fumul și praful din coș. Cu ajutorul filtrelor electrice montate la ieșirea din coș, praful de ciment bogat în potasiu este reținut. Produsul obținut pe această cale se prezintă sub formă de praf cenușiu, parțial solubil în apă, cu reacție chimică bazică, cu un conținut de 8—10% K_2O (6,5—8,5% K). Pe lîngă potasiu conține și calciu, microelemente precum și SiO_2 coloidal, care împiedică transformarea potasiului în combinații complexe inaccesibile plantelor.

Alte produse care conțin potasiu. În această categorie se cuprinde cenușa ce rezultă din arderea lemnului precum și diverse zgure de furnal.

Transformările suferite de îngrășăminte în sol

Îngrășămintele cu potasiu sînt ușor solubile în apă și suferă mai întîi un proces de disociere hidrolitică. Ionii de potasiu intră în reacție de schimb cu cei de la complexul adsorbant sau cu diverși anioni.

Pe solurile acide, reacțiile de schimb se pot reprezenta schematic astfel:

$$\text{sol}]\ H^+ + KCl \rightleftharpoons \text{sol}]\ K^+ + HCl$$

$$\text{sol}\left]\begin{matrix}H^+\\H^+\end{matrix}\right. + K_2SO_4 \rightleftharpoons \text{sol}\left]\begin{matrix}K^+\\K^+\end{matrix}\right. + H_2SO_4.$$

În urma acestor reacții se mărește activitatea ionilor de hidrogen și implicit a celor de Al^{3+} și Fe^{2+}. Prin urmare solul suferă treptat o acidifiere.

Pe solurile saturate în baze reacțiile de schimb ionic decurg astfel:

$$\text{sol}\left]\begin{matrix}Ca^{2+}\\\text{etc.}\end{matrix}\right. + 2KCl \rightleftharpoons \text{sol}\left]\begin{matrix}K^+\\K^+\\\text{etc.}\end{matrix}\right. + CaCl_2$$

$$\text{sol}\left]\begin{matrix}Ca^{2+}\\\text{etc.}\end{matrix}\right. + K_2SO_4 \rightleftharpoons \text{sol}\left]\begin{matrix}K^+\\K^+\\\text{etc.}\end{matrix}\right. + CaSO_4$$

Pe această cale se produce o debazificare a complexului adsorbant, din această cauză este necesar ca fertilizarea cu potasiu, pe solurile cu reacție slab acidă, să se asocieze cu acțiunea de corectare a reacției solului prin amendamente calcaroase. Aciditatea echivalentă a îngrășămintelor cu potasiu are o influență mai scăzută asupra condițiilor de nutriție, comparativ cu îndepărtarea Ca^{2+} din complexul adsorbant.

Potasiul reținut în complexul coloidal are o mobilitate scăzută cu excepția solurilor acide unde acesta este slab reținut.

În solurile cu activitate biologică intensă, cu CO_2 mult, potasiul poate forma carbonați și bicarbonați, care au reacție bazică, modificînd astfel și reacția solului.

Cînd îngrășămintele care conțin potasiu se aplică împreună cu cele care conțin fosfor, sau cînd se aplică KCl în soluri bogate în $AlPO_4$, se formează săruri complexe, greu solubile, de tipul:

$$2Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + KCl \longrightarrow Ca_2H_7K(PO_4)_4 \cdot 2H_2O + HCl;$$

$$8AlPO_4 + 3KCl + 27H_2O \longrightarrow H_6K_3Al_5(PO_4)_8 \cdot 18H_2O + 3Al(OH)_3 + 3HCl$$

Din ultima reacție rezultă un taranakit de potasiu. Reacția soluției solului devine acidă, micșorînd totodată solubilitatea potasiului și fosforului.

Scanned with OKEN Scanner

Eficiența îngrășămintelor cu potasiu

Eficiența îngrășămintelor în raport cu solul. Aplicarea îngrășămintelor cu potasiu, pe solurile cu conținut scăzut de Ca, trebuie asociată cu îngrășăminte ce au reacție potențial bazică, bogate în ioni de Ca^{2+}, sau se asociază cu aplicarea amendamentelor, altfel se obțin rezultate nesatisfăcătoare. Dozele mari de clorură de potasiu (sau din celelalte produse potasice) duc la modificarea pH-ului, astfel încît pot micșora nivelul maxim al recoltelor, la unele specii de plante sensibile la reacția acidă a solului.

Pe soluri argiloase, potasiul aplicat ca îngrășământ se poate fixa între spațiile interlamelare ale rețelei cristaline a mineralelor. Aplicarea sistematică a îngrășămintelor cu potasiu micșorează fixarea ionilor de potasiu (S k a r d a , 1967).

Cantitatea de potasiu îndepărtat anual din sol prin spălare depinde de conținutul acestuia în potasiu, de mărimea și repartizarea precipitațiilor pe anotimpuri și de capacitatea de schimb cationic a solului. Pe soluri nisipoase sau luto-nisipoase, bogate în calciu, fertilizarea cu potasiu este mult mai eficientă, decît pe soluri argiloase sau luto-argiloase și sărace în calciu. Pe astfel de soluri, cu capacitate de schimb scăzută, în zonele bogate în precipitații, spălarea potasiului din orizontul superior este mai accentuată decît pe alte categorii de soluri (K ö h n l e i n, 1966), atingînd cantitatea de 14—22 kg K/ha. Fertilizarea în exces a acestor soluri nu este recomandabilă.

Ionul de potasiu este reținut prin adsorbție la particulele coloidale de sol, iar îngrășămintele cu potasiu se pot aplica cu 2—3 luni înainte de însămînțare astfel încît $CaCl_2$, ce se formează prin schimbul de cationi după aplicarea sării potasice, să fie spălată în adîncime, evitîndu-se astfel acțiunea nocivă a ionilor de clor asupra plantelor.

În cazul aplicării îngrășămintelor cu potasiu pe rînduri sau în cuiburi se folosesc doze moderate de îngrășăminte cu potasiu deoarece concentrațiile prea mari de potasiu pot deveni toxice pentru plante și microorganisme.

Experiențele multianuale din țara noastră (D. Davidescu și V e l i c i c a D a v i d e s c u, 1979) au dus la concluzia, că la porumb și la alte culturi, îngrășămintele cu potasiu trebuie aplicate împreună cu cele conținînd azot și fosfor, mai ales pe solurile nisipoase carbonatate sau levigate, precum și în condiții de rigare.

Eficiența îngrășămintelor depinde într-o mare măsură de starea de aprovizionare a solului cu potasiu (tabelul 5.22).

Tabelul 5.22

Limite de apreciere a stării de aprovizionare a solurilor cu potasiu accesibil pentru culturi de cîmp, pajiști, legume cultivate în cîmp și pentru plantații

Starea de aprovizionare cu potasiu	K extras în acetat de amoniu 1n, ppm K		
	Culturi intensive		Culturi de cîmp
	Soluri nisipoase	Soluri argiloase	
Scăzută	<50	<65	<50
Mijlocie	51—90	66—110	51—75
Normală	91—125	111—155	76—100
Ridicată	126—160	156—200	101—125
Foarte ridicată	>161	>201	>126

Datele nu reflectă în totalitate gradul de asigurare a plantei cu potasiu deoarece aceasta depinde de nevoile plantelor, de caracteristicile sistemului lor radicular, de prezența altor specii de ioni în soluția solului, de umiditate etc.

Scanned with OKEN Scanner

Eficiența îngrășămintelor cu potasiu în raport cu planta. În funcție de cerințele lor biologice pentru potasiu, plantele se pot clasifica astfel:

Specii mari consumatoare de potasiu: floarea-soarelui, cartoful, sfecla, varza, tomatele, ricinul, cînepa, tutunul, salata, ceapa, păstîrnacul, castraveții, morcovul, țelina, pomii fructiferi, vița de vie;

Specii moderat consumatoare de potasiu: varza timpurie, fasolea, ovăzul, secara, grîul, porumbul, soia, bobul, căpșunul, trifoiul, lucerna, plante furajere din pajiști naturale și artificiale;

Specii slab consumatoare de potasiu: sparceta, inul, lupinul, prazul, sfecla roșie, mazărea.

Această clasificare demonstrează că îngrășămintele cu potasiu prezintă cea mai mare eficiență la culturile din prima și a doua categorie și mai puțin la cele din a treia categorie.

Nevoia de potasiu depinde și de mărimea recoltelor, așa cum se desprinde din analiza consumului specific (vezi cap. 7).

Numeroase date experimentale duc la concluzia că 1 kg de potasiu aplicat ca îngrășămînt la cereale produce un spor de recoltă de 3,4 kg boabe, 23 kg cartofi, 35 kg sfeclă de zahăr și 15 kg fîn, în condițiile unui sol slab aprovizionat cu potasiu, acolo unde ani de-a rîndul nu s-au aplicat îngrășăminte chimice cu potasiu sau gunoi de grajd.

Pe pajiști naturale, aplicarea din toamnă a îngrășămintelor cu potasiu și fosfor favorizează speciile furajere cu valoare ridicată.

Se recomandă ca fertilizarea culturilor de cartof și tutun să se facă cu KNO_3 ca sursă de K în loc de KCl sau K_2SO_4, utilizate în mod curent. S-a constatat că fertilizarea culturilor de cartof cu KCl duce la scăderea densității tuberculilor și a conținutului lor în amidon.

La culturile de tutun, în cazul fertilizării cu KCl, foile devin mai groase și friabile, iar calitatea tutunului se înrăutățește.

La culturile de tomate în sere, fertilizarea solului cu KCl și K_2SO_4 are ca urmare acumularea ionilor Cl^- și SO_4^{2-} în fructe, ceea ce dăunează asupra calității lor tehnologice. Pe un agrofond de azot și fosfor, eficiența potasiului crește și în cazul cînd este aplicat după culturile leguminoase. Prezența ionului de Cl^- în îngrășămintele cu potasiu impune alegerea perioadei și a modului de aplicare a acestora.

Perioada aplicării îngrășămintelor cu potasiu. Datorită însușirilor solurilor de a reține ionii de potasiu, aplicarea îngrășămintelor se poate efectua nu numai anual ci o dată la 2—3 ani, în doze mai mari decît cele anuale. O asemenea fertilizare, de rezervă, se poate efectua concomitent cu aplicarea îngrășămintelor cu fosfor. Fertilizarea de rezervă se realizează prin următoarele restricții:

— Fertilizarea potasică de rezervă se poate efectua numai pe soluri cu capacitate de schimb cationic ridicată. Pe solurile nisipoase, cu capacitate de schimb cationic scăzută, fertilizarea potasică de rezervă nu se efectuează, deoarece aceasta duce la pierderi, prin spălare, a unor cantități mari de potasiu și la micșorarea recoltei datorită creșterii concentrației în săruri a soluției solului.

— Dozele mari de îngrășăminte cu potasiu, ca rezervă în sol, se aplică la sfîrșitul verii sau toamna, o dată cu arătura de bază. Aplicarea îngrășămîntului în timpul toamnei înainte de arătură permite o mai bună amestecare a lui cu solul.

— Creșterea excesivă a conținutului de potasiu din plantele furajere poate micșora calitatea furajului, de aceea se recomandă aplicarea concomitentă a îngrășămintelor cu N și P. Rezultă că la fînețe și plante furajere anuale este mai bine ca potasiul să se aplice anual și nu în doze de rezervă.

— Aplicarea dozelor peste 400 kg K/ha se va evita, deoarece aceasta duce la pierderi importante de potasiu prin spălare și la o slabă valorificare a potasiului din îngrășămînt.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicarea fazială a potasiului nu duce la nici un avantaj. Nu se recomandă fertilizarea cu potasiu în timpul iernii, cînd solul este înghețat și acoperit cu un strat gros de zăpadă, deoarece cu apa ce se scurge în timpul topirii zăpezii se pierde o cantitate importantă de potasiu.

Eficiența îngrășămintelor cu potasiu funcție de modul de aplicare. Aplicarea prin împrăștiere uniformă pe întreaga suprafață este mai avantajoasă decît cea efectuată pe rînduri sau local. Aplicarea o dată cu semănatul nu se recomandă.

Aplicarea extraradiculară a îngrășămintelor cu potasiu nu este eficientă decît în cazul căderii frunzelor, la pomii fructiferi, datorită unei carențe pronunțate. Stropirile numai cu soluții de KCl trebuie evitate; dacă se efectuează totuși, se aplică și îngrășăminte cu N și P și cu substanțe de protecție împotriva bolilor și dăunătorilor. Se folosesc soluții de concentrație 1,0—1,5%, utilizîndu-se circa 600 l apă/ha.

La pomii fructiferi, îngrășămintele cu potasiu se pot aplica atît toamna cît și în cursul vegetației.

Eficiența în raport cu felul îngrășămintelor. Efectul toxic al ionilor de Cl^- este accentuat de prezența ionilor NH_4^+ deoarece aceștia din urmă, prin natura lor favorizează asimilarea anionilor. În schimb, ionul de NO_3^- împiedică asimilarea ionului de Cl^-.

Sulfatul de potasiu este mai eficient decît starea potasică la tutun și la legume. Acesta poate fi aplicat în orice anotimp, pe cînd KCl se aplică numai toamna.

Minereurile potasice brute conțin, pe lîngă clorură de potasiu și sulfat de potasiu, cantități relativ ridicate de NaCl, $MgSO_4$ sau $MgCl_2$. Un conținut ridicat de NaCl contribuie la înrăutățirea stabilității structurii solului și a condițiilor de nutriție a plantelor. În cantități mici, NaCl are influență pozitivă prin aceea că mărește accesibilitatea potasiului. Are acțiune pozitivă evidentă asupra creșterii rădăcinii sfeclei de zahăr, mărind simțitor recolta. La lupin, nodozitățile se dezvoltă mai bine în prezența silvinitei decît în prezența clorurii de potasiu sau a sulfatului de magneziu.

Sulfatul de magneziu din cainit prezintă o eficiență mai ridicată decît clorura de potasiu, în cazul aplicării îngrășămintelor pe soluri nisipoase sărace în Mg. Ionii de Mg^{2+} din aceste îngrășăminte cu potasiu contribuie la creșterea recoltelor de porumb, rapiță, orz și cînepă. Un exces de ioni Ca^{2+} și Mg^{2+} micșorează asimilarea potasiului și invers.

Dozele de îngrășăminte cu potasiu. Dozele de potasiu trebuie să fie astfel calculate încît să corespundă nevoilor solului și plantelor. La o aprovizionare mijlocie a solului și la un *p*H optim al acestuia, cantitățile de potasiu aplicate ca îngrășămînt trebuie să corespundă celor exportate cu recolta. Cînd solul este slab aprovizionat cu potasiu, dozele calculate trebuie să depășească cu 50% cantitatea de K necesar obținerii recoltei. Pe solurile foarte bine aprovizionate cu potasiu, dozele sînt foarte mici sau nu se aplică.

La culturile de cîmp, dozele se aplică în funcție de starea de aprovizionare a solului, variind între 50—125 kg K/ha, ținînd seamă de bilanțul potasic din cadrul unui asolament (tabelul 5.23).

La livezi tinere îngrășămintele cu potasiu se aplică în doze de 50—80 kg K_2O/ha (42—66 kg K/ha), respectiv pentru fiecare pom cîte 25—100 g K/pom, iar pentru livezile pe rod cantități mai mari, de 66—100 kg K/ha.

La vița de vie, îngrășămintele cu potasiu se aplică în cantitate de 100—150 kg K_2O/ha (85—125 kg K/ha) toamna sau primăvara la înflorire. Cînd se aplică și gunoiul de grajd, dozele se micșorează sau nu se mai aplică, în funcție de starea de aprovizionare a solului cu potasiu (vezi și cap. 8).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.23

Bilanțul potasic în cadrul unui asolament la o aprovizionare mijlocie a solului cu potasiu, în kg/ha

Specificare	K_2O	K
Potasiu extras de recoltă, boabe + paie 6 t boabe/ha*	— 150	— 125
Pierderi prin levigare**	— 35	— 29
Cîștig de potasiu în urma alterării mineralelor	+ 20	+ 17
Cîștig de potasiu în timpul însămînțatului	+ 4	+ 3
Cîștig de potasiu prin aplicarea gunoiului de grajd	+ 60	+ 50
Deficit	— 101	— 84
Necesarul de aplicat ca îngrășămînt	+ 101	+ 84

* Calculat în raport de compoziția chimică a plantelor;
** Se apreciază că din îngrășămintele cu potasiu aplicate solului se levigă anual circa 20%.

Teste recapitulative

5.4.1. Arătați asemănările și deosebirile cu privire la mobilitatea ionilor azotului, fosforului și potasiului în plante și în soluri.
5.4.2. Descrieți formele chimice de potasiu din sol și arătați semnificația lor agronomică.
5.4.3. Care este sortimentul îngrășămintelor cu potasiu folosite în țara noastră și ce eficiență au acestea în raport cu planta și solul?

5.5. AGROCHIMIA MACROELEMENTELOR DE ORDIN SECUNDAR (S, Mg, Ca)

5.5.1. AGROCHIMIA SULFULUI

Prezența și rolul sulfului în organismele vegetale. În plantă, sulful are rol plastic și catalitic; se găsește sub formă minerală și organică.

Sulful participă la formarea unor aminoacizi esențiali ca: cisteină (27% S), cistină (30% S), metionină (21% S), devenind astfel constituent al proteinelor: prolaminele, gliadina și zeina, albuminele și globulinele. Glutationul, tripeptid important în celulele vii, vitamina B_1, vitamina A, coenzima A au în constituția lor sulf. Sulful ia parte la formarea unor fermenți proteolitici vegetali din grupa papainazelor și a unor substanțe care dau gust și miros unor plante — izotiocianatul de alil din muștar, disulfura și trisulfura de alil din ceapă și usturoi, sinigrina din muștar.

Sulful este necesar plantelor, în primele faze, pentru o bună sinteză a aminoacizilor și a enzimelor care conțin sulf. Nutriția normală cu sulf a plantelor determină producții ridicate și de calitate prin creșterea conținutului de aminoacizi cu sulf cu valoare biologică ridicată, fără acumulări de azot neproteic. La cereale, sulful îmbunătățește raportul semințe-paie, participă la formarea și dezvoltarea sistemului radicular, la leguminoase favorizează formarea nodozităților.

Lipsa de sulf în sol determină scăderea recoltei, reducerea dimensiunii plantelor și cloroză; organele tinere sînt primele afectate. În lipsa sulfului, frunzele au dimensiuni reduse, culoare galben-verzuie pînă la albicios, expresie a lipsei de clorofilă cauzată de carența indusă de azot. Nervurile sînt mai deschise la culoare decît restul frunzei, rădăcinile sînt slab dezvoltate, iar la leguminoase nodozitățile sînt puține, la cereale internodurile sînt scurte, iar tijele, subțiri (Silvestre-Simone, 1968). Înflorirea se produce slab, fructificarea e stînjenită sau nu are loc,

Scanned with OKEN Scanner

plantele îmbătrînesc prematur. Lipsa de sulf împiedică metabolizarea dozelor mari de îngrășăminte cu azot; se modifică raportul dintre proteine și aminoacizi, iar conținutul de nitrați poate să crească de 10 ori. Fixarea azotului în nodozitățile plantelor leguminoase scade, ca urmare a micșorării activității bacteriilor. Plantele cele mai afectate de carență de sulf sînt: cerealele păioase și porumbul, leguminoasele, cruciferile, gramineele furajere, sfecla, tutunul, bumbacul, orezul și cafeaua; dintre pomii fructiferi, părul.

Conținutul plantelor în sulf este cuprins între 0,02 și 0,69% din substanța uscată (tabelul 5.24); în cenușa lor se găsește în medie 10% sulf. La majoritatea plantelor de cultură, conținutul de sulf și de fosfor este aproximativ egal; la unele crucifere conținutul de sulf este mai mare.

Tabelul 5.24

Conținutul în sulf, nivelul critic și raportul N/S față de substanța uscată (SU), la cîteva plante de cultură (S a a l b a c h, 1972)

Planta	Conținutul de S % la s.u. limite	Nivelul critic % la s.u.	Nivelul critic al raportului N:S, % la s.u.
Grîu			
— boabe	0,09—0,24	0,17	14,8
— paie	0,05—0,23		
Porumb			
— boabe	0,15—0,17	—	7,3
— tulpini	0,11—0,19	—	
Sfeclă de zahăr			
— rădăcini	0,06—0,42	0,12	
— frunze	0,14—0,97	0,13	15
Lucernă	0,10—0,47	0,22—0,30	11,0—12,0

Cele mai mari consumatoare de sulf sînt: cruciferele, leguminoasele, solanaceele.

Sulful se găsește în cantități mai mari în semințe, în cantitate mai mică în frunzele tinere, în frunzele bătrîne, tulpini și rădăcini.

Cantitatea de sulf extrasă din sol de diferite culturi este de 10—40 kg/ha, diferențiată în raport cu specia, mărimea recoltei, gradul de aprovizionare a solului cu sulf (E n s m i n g e r și J o r d a n, 1958). Porumbul și grîul consumă cantități mai mici de sulf, varza și lucerna consumă cantități foarte mari.

Absorbția sulfului în rădăcină se face sub forma ionilor SO_4^{2-}, aceștia fiind apoi reduși și utilizați în sinteza compușilor organici cu sulf. Prin frunze, plantele pot absorbi SO_2 din atmosferă, 22—36% din necesar, cînd concentrația, considerată netoxică, nu depășește 0,2 mg SO_2/m.c. Speciile tolerante la SO_2 atmosferic pot suporta 0,5—1 ppm (tabelul 5.25).

Tabelul 5.25

Limite de toleranță a cîtorva specii de plante cultivate la SO_2 atmosferic (Z a h n, 1970)

Planta	Limita de toleranță, mg SO_2/m^3 aer
Trifoi furajer	0,20—0,25
Cereale, legume pentru frunze, fasole, căpșuni, trandafiri	0,25—0,30
Rădăcinoase, plante oleaginoase (rapiță), varză	0,30—0,40

Scanned with OKEN Scanner

O concentrație ridicată de SO_2 atmosferic determină scăderea conținutului de acid ascorbic în frunze, accelerează îmbătrînirea plantelor, produce necrozarea țesuturilor frunzelor (C o r m i s și B r o n t e, 1981).

Fixarea azotului atmosferic de către leguminoase (pînă la 670 kg/ha) necesită circa 67 kg S/ha, mult din acesta provenind din materia organică. Solurile conținînd 1% humus, pot pune în libertate circa 3,6 kg S/ha/an (T e r m a n, 1978).

Sulful în sol. În scoarța terestră, sulful, element sedimentofil, se găsește în proporție de 0,05—0,06% (S t i o p o l, 1968; S o r a u e r, 1969), sub formă minerală și organică. În rocile magmatice se găsește, mai ales, sub formă de sulfuri (0,002—0,005%); în cele sedimentare, mai ales, sub formă de sulfați. Sulful elementar se găsește mai rar. Mineralele cu sulf cele mai răspîndite sînt: pirita (FeS_2), pirotina (FeS), calcopirita (CuFeS), gipsul ($CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$), anhidritul ($CaSO_4$) și, în cantități mai mici, sulfați ai metalelor alcaline.

În solurile nesalinizate, sulful se găsește în proporție de 0,016—0,04% (D a v i d e s c u și P a v l o v s k i, 1964), în solurile de turbării 1,5%, iar în zonele aride, 1%. În solurile acide, conținutul de sulf este de 0,01—0,1%. Forma minerală ocupă 10—25% din sulful total, ca sulfați, și o proporție mai mică sub formă de sulfuri, tiosulfați, politionați. În solurile cu exces de umiditate se acumulează sulfuri de fer, care-i imprimă culoarea neagră-albăstruie. Sulfații, forma minerală dominantă în sol, se găsesc în orizontul *A* în cantitate mică (8—14 ppm S); la 60—80 cm, sulfații se găsesc în cantitate mare. Deși anionul SO_4^{2-} are sarcină electrică negativă, el poate fi reținut pe profilul de sol de către hidroxizii de fer și aluminiu, de unde poate fi preluat și folosit de către plante (V i n t i l ă, 1984). Cationii Ca^{2+}, Mg^{2+}, Ba^{2+}, Fe^{2+} intensifică fixarea anionului SO_4^{2-}, iar cationii de Na^+ și K^+ o micșorează. Prin aplicarea îngrășămintelor ce conțin SO_4^{2-}, în sol se formează gips, care nu se acumulează pe profil (C a l a n c e a, 1970). În solurile acide cu pH peste 6, sulful se levigă concomitent cu cationii bazici, determinînd debazificarea și creșterea acidității; la pH ridicat pierderile se accentuează. Sulful organic, spre deosebire de sulfați, se află în cea mai mare parte în orizontul *A*, bogat în substanță organică, principala sursă de sulf pentru plante. Cernoziomurile cambice și cele argiloiluviale sînt bine asigurate la un conținut mai mare de 0,016% sulf organic, solurile brune și cele podzolice argiloiluviale sînt moderat asigurate la un conținut de 0,008% sulf organic (L ă c ă t u ș u și colab., 1977). Sulful organic se află în cea mai mare parte în orizontul *A*, bogat în substanță organică. În solurile podzolice, conținutul de sulf organic este de 40—50 ppm S, în cernoziomuri 300—400 ppm S.

Între conținutul de C, N și S există un raport C/N/S cu valori caracteristice fiecărui tip de sol, cuprinse între 113—155/10/1,21—1,52. Cînd conținutul de carbon organic din sol este scăzut se micșorează și cantitatea de sulf organic, transformîndu-se în forme minerale.

Conținutul de sulf în solurile din țara noastră este redat în tabelul 5.26.

Tabelul 5.26

Conținutul mediu în sulf organic (%S) și rapoartele C: N: S în stratul arat al cîtorva tipuri de sol (după L ă c ă t u ș u, 1977)

Grupa de soluri	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	C:N:S
Cernoziomuri	0,0289 ± 0,0015	158: 10: 2,6
Cernoziomuri levigate	0,0251 ± 0,0045	131: 10: 1,93
Soluri brune	0,0138 ± 0,0079	130: 10: 1,35
Soluri argiloiluviale podzolice	0,0149 ± 0,0072	160: 10: 1,22

Scanned with OKEN Scanner

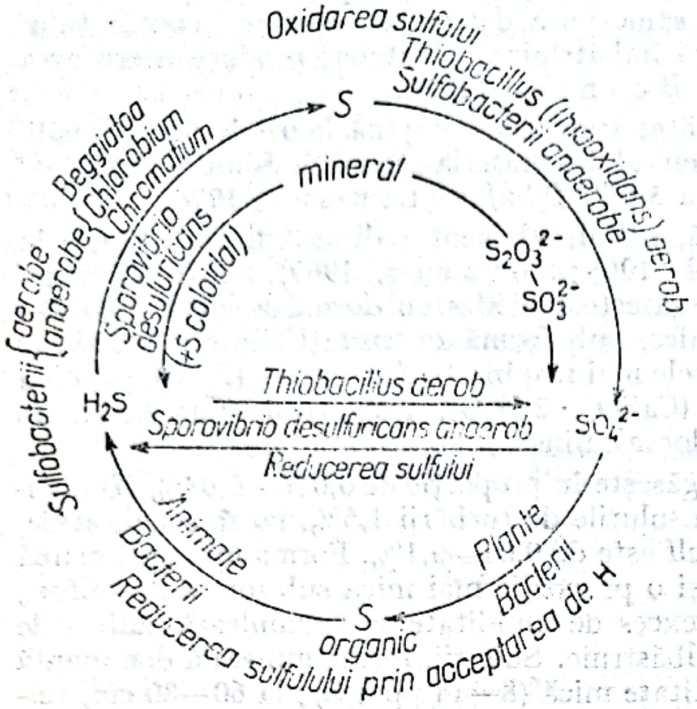


Fig. 5.19. Circuitul sulfului în natură (după Butlin, 1953).

Circuitul sulfului în natură. În circuitul sulfului sînt antrenate atît formele organice, cît și formele minerale (fig. 5.19).

În afara sulfului provenit din roca parentală, precipitațiile antrenează în sol SO_2 din atmosfera zonelor industriale, în cantitate de 1—100 kg S/ha/an; în condițiile țării noastre, sînt antrenate 4—60 kg S/ha anual, cantitățile fiind mai ridicate în vecinătatea întreprinderilor industriale (Chiriță, 1974; Lixandru și colab., 1981). După Cormis (1981) cantitatea de SO_2 ce se degajă anual în atmosferă este de 150 000 000 tone. În apropierea mărilor și a oceanelor precipitațiile antrenează importante cantități de sulf în sol, ca sulfați sau ca H_2S. Resturile vegetale restituie o parte din sulful extras din sol de recoltă. Apa de irigare aduce anual în sol o cantitate de 7—11 kg S/ha (Silvestre-Simone, 1968). Sulful se mai întoarce în sol prin administrarea îngrășămintelor organice și minerale, ce conțin acest element, prin tratamente fitosanitare cu preparate care conțin sulf.

Sub acțiunea microorganismelor, sulful organic și sulful mineral suferă transformări la *p*H ridicat și în prezență de oxigen, microorganismele autotrofe și cele heterotrofe mineralizează sulful organic, transformîndu-l, în final, în sulfați accesibili plantelor. Bettany și colab. (1974) au constatat că 30—70% din S consumat de plantele de lucernă în casa de vegetație provine din mineralizarea substanței organice ce conține sulf.

În condiții anaerobe, sulful se mineralizează pînă la H_2S, care se poate combina cu compușii solubili ai ferului, rezultînd sulfuri insolubile. Sulful elementar rezultă din oxidarea chimică sau microbiologică a sulfurilor; el poate fi oxidat în continuare pînă la $SO_4^{=}$.

Plantele și microorganismele absorb sulful oxidat ca anion $SO_4^{=}$. O parte din sulf se extrage din sol cu recolta, altă parte se reîntoarce în sol prin resturile organice. Parțial, sulful este reținut chimic în sol prin formarea sulfaților și a sulfurilor insolubile. Sulfații ușor solubili, reținuți prin adsorbție la particulele de sol pot fi levigați.

Descompunerea substanțelor organice cu sulf are loc sub acțiunea enzimelor produse de bacterii și care scindează proteinele.

În solurile aerisite, H_2S eliberat este oxidat de diverse specii de *Thiobaccillus*. După Mengel (1968) reacțiile decurg astfel:

$$2\,H_2S + O_2 \longrightarrow 2\,H_2O + 2\,S + 122\ \text{kcal}$$

$$2\,S + 3O_2 + 2\,H_2O \longrightarrow 2\,H_2SO_4 + 282\ \text{kcal}.$$

Pentru aceste bacterii sulful anorganic este absolut necesar la asimilarea CO_2, ele folosind energia degajată prin oxidare pentru sinteze organice, care decurg astfel:

$$6\,CO_2 + 12\,H_2S \longrightarrow C_6H_{12}O + 6\,H_2O + 12\,S;$$

$$6\,CO_2 + 3\,H_2S + 6\,H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 3\,H_2SO_4.$$

Scanned with OKEN Scanner

Acidul sulfuric intră în reacții cu diverse săruri din sol, formînd sulfat de calciu, greu solubil, sau sulfați ai cationilor monovalenți, ușor solubili.

Mineralizarea sulfului organic prezintă oscilații sezoniere, paralele cu dinamica nitraților în sol, cu valori cantitative mult mai mici (Silvestre-Simone, 1968). Formarea anionului SO_4^{2-}, în sol este însoțită de scăderea valorii *p*H, care intensifică solubilizarea anionului PO_4^{3-}, mărindu-i accesibilitatea pentru plante, dacă acesta se află sub formă de fosfați tricalcici.

Reducerea sulfaților are loc sub acțiunea microorganismelor din speciile *Desulfovibrio*, care trăiesc în sol în condiții de anaerobioză.

Prin reducere, anionul SO_4^{2-} trece în H_2S. În solurile cu fer mobil nu se acumulează H_2S, toxic pentru plante, întrucît trece în FeS și FeS_2 insolubil.

Reducerea sulfaților în solurile submerse din orezării și bălți este însoțită de o creștere a valorii *p*H și a cantității de ioni feroși. Sulfura feroasă se acumulează în sol, fără să fie însoțită de o acumulare echivalentă de baze. În urma desecării solurilor submerse, are loc o scădere sensibilă a *p*H-ului, ca urmare a oxidării sulfurilor de fer și a trecerii lor în sulfat feric. După desecarea unor mlaștini și turbării, *p*H-ul poate să scadă foarte mult, atingînd valori de 2—3, greu de corectat prin aplicarea amendamentelor.

În solurile cu humus mult, oxidarea rapidă e frînată. Substanțele organice și cele minerale cu sulf, insolubile, constituie forme de acumulare a sulfului în sol.

Pierderile de sulf prin levigare pot atinge anual 1—2% din sulful total, adică 13—90 kg S/ha, cu maximum de 210 kg S/ha. Prin ridicarea recoltei se extrag din sol 10—15 kg S/ha anual, la cultura cerealelor și peste 20—30 kg S/ha la leguminoase.

Îngrășăminte cu sulf. Unele îngrășăminte conțin importante cantități de sulf: sulfatul de amoniu (24% S), sulfatul de potasiu și magneziu (18,4% S), polihalitul (21% S), sulfatul de potasiu (18% S), sulfatul-fosfat de amoniu (15,4% S), kainita (12,9% S), sulfonitratul de amoniu (12,1% S), superfosfatul simplu (11—14% S), dejecțiile animale (0,6—2% S). Cantitatea de îngrășăminte ce conțin și S, folosite anual pe plan mondial, se cifrează la circa 10 mil t S (Bixby, 1977).

Sulful elementar. Este singurul îngrășămînt în această stare, se găsește în zăcăminte, de unde se extrage, și după măcinare poate fi folosit direct ca îngrășămînt. Sulful se mai poate obține în uzinele cocso-chimice și la purificarea gazelor combustibile. În funcție de impurități, conținutul de sulf elementar în acest îngrășămînt este de 50—100%.

În sol, sulful este oxidat rapid de către sulfo-bacterii și, bacteriile heterotrofe. Dacă solul este slab aprovizionat cu baze, are loc o scădere sensibilă a valorii *p*H. În urma aplicării sulfului în soluri ce conțin cantități mici de substanță organică, scade activitatea bacteriilor mineralizatoare, iar numărul ciupercilor scade; azotobacterul și bacteriile celulozolitice nu sînt stînjenite. Evitarea acidifierii produsă de 1 kg S elementar se realizează aplicînd 3 kg $CaCO_3$, iar în cazul $(NH_4)_2SO_4$ sînt necesare 6,2 kg $CaCO_3$ (Nyborg, 1978). Sulful elementar poate fi inoculat cu compost, care conține bacterii ce oxidează sulful.

Gipsul, $CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$ (vezi amendamentele pentru soluri saline și alcaline, subcap. 4.2).

Fosfogipsul. Deșeu de la fabricarea fosfaților tehnici, fosfogipsul se aplică în cantitate de 300—500 kg/ha. Conține 70—80% gips.

Necesitatea și eficiența îngrășămintelor cu sulf. Prin cultivarea soiurilor productive de plante se extrag anual cantități mari de sulf. Folosirea îngrășămintelor concentrate lipsite de sulf și utilizarea în măsură redusă a gunoiului de grajd micșorează posibilitatea introducerii în sol a unor cantități suficiente de sulf. Pentru prevenirea insuficiențelor de sulf, deja apărute în unele țări, devine necesară folosirea îngrășămintelor cu sulf. Recoltele diferitelor specii de plante extrag din sol o cantitate de S de 1/15 din cantitatea de azot necesară lor.

Scanned with OKEN Scanner

În raport cu conținutul de sulf din sol și cu natura plantelor cultivate, dozele de îngrășăminte cu sulf sînt de 10—100 kg S/ha (L i x a n d r u, 1975). La plantele crucifere, la ceapă și la usturoi se pot aplica 80 kg S/ha. La culturile de leguminoase, sînt necesare 40 kg S/ha; pentru celelalte culturi (cereale, plante prășitoare) se recomandă 25 kg S/ha.

Deși raportul P/S în plante este, în general, de 1/1, pentru fiecare kg S se vor folosi 1,3 kg P sau 3 kg P_2O_5. În solurile bogate în fosfor, pentru fiecare kg de sulf se vor calcula 4—5 kg azot sub formă de îngrășămînt.

Solurile nisipoase și podzolurile sărace în materie organică necesită îngrășăminte cu sulf.

Prin administrarea îngrășămintelor cu sulf s-au obținut sporuri de producție, față de martor, de 565 kg la trifoi, 500 kg/ha la leguminoase, 300 kg/ha bumbac, iar producția la fînul de lucernă a crescut cu 10—200%.

5.5.2. AGROCHIMIA MAGNEZIULUI

Magneziul în plantă. Magneziul, element cu rol predominant catalitic, necesar tuturor plantelor, se găsește sub formă minerală, de săruri ale acizilor organici și în moleculele organice de importanță vitală pentru plante. Din magneziul total, 60—85% se găsește ca ioni liberi în sucul celular, ca ioni adsorbiți și sub formă de chelați în plasma celulară în substanțele pectice, împreună cu calciul și ca oxalat de magneziu (M e n g e l, 1968; S o r a u e r, 1969).

Magneziul intră în constituția clorofilei, legat de azotul inelelor pirolice. Împreună cu calciul și cu acidul fosforic, magneziul ia parte la formarea fitinei. Magneziul se mai găsește în pigmenții carotenoizi și în pigmenții precursori ai clorofilei.

Magneziul ia parte la procesul de fotosinteză, participă împreună cu potasiul la reglarea turgescenței. În procesele metabolice, în schimbul de energie și în transformarea diferitelor substanțe, magneziul are un rol important. Datorită mobilității mai mari decît a calciului, magneziul înlesnește nutriția fosfatică și circulația fosforului în plante, existînd o concordanță între acumularea fosforului și magneziului în diferitele organe vegetale. Activează enzimele: fosfataza, enolaza, aminopeptidaza, carboxilaza, lecitinaza. Participă la procesele de acumulare și de transport ale energiei, în fosforilare, la sinteza proteinelor, a hidraților de carbon, a grăsimilor vitaminelor *A* și *C*, precum și la oxidarea glucidelor în procesul de respirație și de acumulare în plantă a substanțelor de rezervă. Activator al coenzimei *A*, magneziul are rol în ciclul acizilor tricarboxilici.

La cartof, magneziul înlesnește acumularea glucidelor în tuberculi. Contribuind la sinteza proteinelor, magneziul înlesnește acumularea acestor substanțe în plantă. Semințele plantelor bogate în lipide au un conținut ridicat de magneziu datorită participării la procesul de lipogeneză.

Simptomele carenței de magneziu apar la plantele cultivate pe soluri acide, nisipoase, pe soluri din regiunile umede și pe solurile cu exces de calciu.

La frunzele bătrîne afectate de insuficiență de magneziu este caracteristică o pigmentare anormală. Frunzele pot căpăta culoare deschisă între nervuri, ca urmare a scăderii conținutului de clorofilă. Nervura principală rămîne multă vreme verde împreună cu zonele învecinate. Frunzele devin casante, au puncte cu umflături între nervuri și se mai pot colora în portocaliu, în roșu sau în purpuriu; suprafețele afectate pot să devină necrotice. La unele specii (tutun, gulie, păr, măr) cloroza începe de la vîrful și de la marginea frunzelor și înaintează spre mijloc. La alte specii (cireș, tomate, cartof, leguminoase) cloroza începe de la mijlocul frunzei, aproape de pețiol și înaintează spre margini. La cerealele păioase frunzele sînt marmorate, așa-zisa „tigrare a frunzelor". Zonele afectate pot să devină roșietice sau se necrozează.

Scanned with OKEN Scanner

După încolțire, în primele faze, plantele utilizează magneziul din semințe; carențele apar după răsărire la 10—15 zile la cerealele păioase, 30—35 zile la cartof și la 50 zile la lupin (D a v i d e s c u, 1969).

La porumb, în caz de carență, apar pe frunze dungi discontinui de culoare deschisă, între nervuri; ulterior se pot forma antociani. Dereglarea regimului hidric face ca frunzele să atîrne. La sorg, apar dungi purpurii între nervurile care rămîn verzi. La plantele dicotiledonate, cloroza apare între nervuri, culoarea verde se menține pe nervuri și în zonele învecinate; la carență accentuată frunzele devin galbene, apar nuanțe roșietice, se necrozează și cad.

Leguminoasele cu carență de magneziu au frunzele de culoare verde-palid între nervurile verzi, rar la unele soiuri și specii de trifoi frunzele se colorează în roșu.

Cruciferele, sensibile la insuficiența de magneziu, pot avea pe frunze culoarea galbenă, portocalie, roșie sau purpurie, iar frunzele afectate cad.

La solonacee frunzele se colorează în galben apoi se necrozează; la tomate fructele se întăresc, iar pe frunze apare cloroza între nervuri; la tutun frunzele se deschid la culoare, apoi devin albicioase. Cloroza apare la cartof cînd frunzele conțin sub 2 mg Mg pe g de substanță uscată.

La pomii fructiferi apar necroze intercostale, adesea se produce răsucirea, uscarea și căderea prematură a frunzelor. Fructele rămîn mici. Simptomele apar mai ales pe ramurile roditoare, la mijlocul verii.

Lipsa de magneziu scade rezistența plantelor la ger, întîrzie coacerea și produce o scădere a recoltei. La măr apar simptome de carență cînd frunzele conțin sub 1 mg Mg/1 g substanță uscată.

La plantele aprovizionate insuficient cu magneziu, sinteza proteinelor este frînată.

Plantele absorb magneziul sub formă de cationi de Mg^{2+} din soluția solului, absorbția fiind mult mai complexă decît a altor cationi și influențată în mare măsură de antagonism, chiar în solul cu conținut ridicat de magneziu, unde e posibilă apariția carențelor. Valoarea pH-ului solului, prezența în cantitate mare a cationilor de H^+, K^+, NH_4^+, Ca^{2+}, Mn^{2+} în soluția solului, influențează absorbția magneziului. În solurile acide, excesul ionilor H^+ împiedică pătrunderea magneziului în plantă. La porumb, la un pH 3,4, proporția de magneziu absorbit este de numai 0,03%, iar la pH 7,5, de 0,1%. Excesul cationilor Ca^{2+} accentuează carența de magneziu, un raport Ca^{2+}/Mg^{2+} de 10—15/1 este nefavorabil. Carența de magneziu apare frecvent pe solurile bogate în calciu.

Plantele absorb cel mai bine magneziul la pH 5—6. Conținutul ridicat de K în soluția solului frînează absorbția magneziului. În solurile acide azotul amoniacal frînează pătrunderea magneziului în plantă, iar azotul nitric o înlesnește.

Plantele mari consumatoare de magneziu sînt: tutunul, trifoiul, lucerna, lupinul, sfecla, tomatele, salata. Cantitatea de Mg extras anual de diferite plante de cultură este de 10—60 kg/ha (tabelul 5.27).

Magneziul în sol. Conținutul de magneziu total oscilează între 0,03% Mg în unele luvisoluri și 1,2% Mg în cernoziomurile carbonatice. În sol, magneziul provine din mineralele primare și secundare, din săruri și resturi organice.

Soluția solului conține mai puțin Mg^{2+} decît Ca^{2+} și K^+. Sursa de Mg^{2+} pentru plante o constituie cationii din soluție, cationii schimbabili din complex, magneziul din sărurile solubile, din substanța organică și magneziul neschimbabil din mineralele primare și secundare.

Conținutul de magneziu schimbabil din principalele tipuri de sol din țara noastră este redat în tabelul 5.28.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.27

Cantitatea de magneziu ridicată de plante o dată cu recolta (Davidescu, 1984)

Cultura	Părți din plantă	Cantitatea exportată o dată cu recolta, kg Mg pe tona de produs principal
Cereale păioase	boabe + paie	1,2—3
Porumb	boabe + tulpini	3,6—6
Cartof	tuberculi + vreji	4,8—9
Sfeclă de zahăr	rădăcini + frunze	6 —12
Lucernă	fîn	1,2—2,8
Tutun	planta întreagă	4,8—15
Viță de vie	struguri, frunze, coarde	1,8—3,6
Pajiști	fîn	3,6—4,8

Tabelul 5.28

Conținutul de Mg schimbabil din orizontul arat al cîtorva tipuri de sol din România

Tipul de sol	Localitatea (zona)	V, %	Mg schimbabil		Analist
			m.e./100 g sol	% din T	
Cernoziom castaniu	Jegălia	96	5,5	16,7	Dumitru Al.
Cernoziom freatic umed	Lovrin	100	3,2	11,4	Vasilescu P.
Cernoziom cambic	Podu Iloaiei	93	4,4	13,8	Vasilescu P.
Podzolic argiloiluvial	Podișul Sucevei	64	1,7	8,1	Vasilescu P.
Brun roșcat tipic	Tîmburești	75	1,1	13,6	Dumitru E.
Brun acid montan	Obcina Mare	35	2,6	7,6	Vasilescu P.
Brun de pădure podzolit	Podișul Tîrnavelor	59	3,8	20,1	Rapaprt C.

Conținutul de magneziu pe profil, în cernoziomuri și în solurile din zonele secetoase, are variații scăzute; în orizontul superior al podzolurilor, cantitatea de magneziu e mai scăzută cu 30—70 % față de roca parentală. În stratul arabil, cantitatea totală de MgO este de 16—40 t/ha (Chiriță, 1974).

În solurile neutre și bazice magneziul se găsește în forme mai greu solubile, decît în solurile acide. Magneziul este mai puțin reținut în complex și levigat mai ușor, comparativ cu calciul. Îngrășămintele sub formă de cloruri, sulfați, azotați intensifică levigarea magneziului din sol. Pierderile prin levigare favorizate de *p*H scăzut și umiditate ridicată sînt evaluate între 5—40 kg MgO/ha/an (Sorauer, 1969).

Carența de Mg poate să apară la un conținut de 0,08% Mg^{2+} schimbabil în solurile nisipoase și la 0,12—0,16% Mg^{2+} în solurile argiloase (Calancea, 1977).

Un sol este considerat bine aprovizionat cu magneziu cînd 10% din suma bazelor de schimb (*SB*) revine cationilor de Mg^{2+} (Davidescu, 1969). Pe soluri cu mai puțin de 2 mg Mg/100 g sol pot să apară carențe.

Îngrășăminte cu magneziu. Magneziul se găsește în unele îngrășăminte uzuale ca: gunoi de grajd (0,5% Mg), kainit (9,7% Mg), polihalit (4% Mg), carnalit (5,88% Mg), schönit (6% Mg).

Ca surse de magneziu se folosesc unele amendamente, minerale bogate în magneziu precum și săruri de magneziu.

Dolomitul, $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, se utilizează după măcinare, în cantitate corespunzătoare conținutului de magneziu.

Dunitul, $MgSiO_4 + FeSiO_4$. Rocă eruptivă ultrabazică, bogată în minerale cu magneziu (olivină, peridot, forsterit), dunitul conține 41—47% MgO, 35—39% SiO_3 și 3—8% FeO. În unele cazuri poate să conțină pînă la 50% MgO. Dunitul are culoare cenușie-gălbuie-verzuie. Măcinat, dunitul poate fi folosit, ca sursă de magneziu, pe solurile acide.

Scanned with OKEN Scanner

Serpentinitul. Rocă cu 18—25% MgO, serpentinitul are ca minerale principale serpentinul, $3\,MgO \cdot 2\,SiO_2 \cdot 2\,H_2O$, și metasilicatul de magneziu, $MgSiO_3$. Conținutul de SiO_2 este de 40—48%. Serpentinitul măcinat fin este indicat ca sursă de magneziu, pe solurile acide.

Sulfatul de magneziu, $MgSO_4 \cdot 7\,H_2O$. Sulfatul de magneziu este o sare albă cristalizată, foarte solubilă în apă (35—43 g la 100 ml apă, la 18°C). Conține 16,2% MgO și se folosește sub formă de soluții pentru stropiri.

Kieseritul, $MgSO_4 \cdot 2\,H_2O$. Mineral natural, sub formă de sulfat de magneziu are un conținut de 29,13% MgO. Prin calcinare, pierzînd moleculele de apă, conținutul de MgO crește la 33,5%.

Necesitatea folosirii îngrășămintelor cu magneziu și transformările suferite în sol. Obținerea producțiilor ridicate în agricultură, în legumicultură și în pomicultură, precum și folosirea îngrășămintelor sărace în magneziu au determinat apariția frecventă a carenței de magneziu în solul diferitelor țări, fapt care impune aplicarea îngrășămintelor cu magneziu pentru a asigura un bilanț excedentar al acestui element în sol.

Administrarea îngrășămintelor cu magneziu este condiționată de conținutul de magneziu asimilabil din sol, interferența cu alți ioni (H^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}), specia de plante ce se cultivă; umiditatea, compoziția granulometrică a solului, conținutul în substanță organică au mare importanță în absorbția magneziului și, deci, în aplicarea îngrășămintelor cu magneziu.

Solurile cele mai sărace în magneziu sînt cele ușoare, acide, solurile formate pe granite și gnaise, solurile gleice și cele bogate în calciu.

În solurile acide, administrarea amendamentelor, care conțin magneziu, neutralizează aciditatea dăunătoare plantelor, scade conținutul de cationi de H^+ și Mn^{2+} antagoniști magneziului și introduce în sol magneziul necesar plantelor, sub forme ușor asimilabile. Excesul de amendamente ce conțin $CaCO_3$ fără $MgCO_3$ determină apariția carenței de magneziu și, ca urmare, raport neechilibrat Ca/Mg în plantă. Un conținut de Ca^{2+} schimbabil mai mare de 120 mg/100 g sol determină, de asemenea, apariția carenței de magneziu. Aplicarea îngrășămintelor cu magneziu devine absolut necesară în astfel de condiții.

Îngrășămintele cu potasiu în cantitate mare induc, de asemenea, carența de magneziu. Cînd în complexul adsorbtiv al solului cationii de K^+ se găsesc în proporție mai mare de 5%, din suma bazelor de schimb, este facilitată carența de magneziu.

În solurile cu *p*H cuprins între 5 și 6, ținînd seama de textură, plantele de cultură reacționează la aplicarea îngrășămintelor, dacă solul conține Mg schimbabil sub următoarele valori: 5 mg/100 g sol soluri nisipoase; 7 mg/100 g sol la soluri lutoase; 12 mg/100 g sol la soluri argiloase; pentru pășuni și fînețe doza se va majora la 7,5 mg/100 g sol în solurile nisipoase, la 10,5 mg/100 g sol în solurile lutoase și la 18 mg/100 g sol la cele argiloase.

Pe solurile neutre și alcaline sînt recomandabile îngrășămintele cu magneziu ușor solubile — sulfat de magneziu, săruri de potasiu și magneziu — care au acțiune rapidă.

Pe solurile acide acțiunea cea mai bună și de lungă durată o au îngrășămintele greu solubile, cu magneziu sub formă de carbonat-dolomit sau silicat-serpentinit, avînd și un efect prelungit.

După sensibilitatea la carența de magneziu, plantele se împart în: *foarte sensibile:* porumbul, cînepa, sorgul, varza, sfecla de zahăr, trifoiul, lucerna, cartoful, tomatele, ceapa, ridichile; *mai puțin sensibile:* soia, ovăzul, orzul, muștarul, iarba de Sudan, sfecla furajeră.

Speciile care răspund bine la aplicarea îngrășămintelor cu magneziu sînt: porumbul, sorgul, cînepa, trifoiul, sfecla de nutreț, tomatele, ceapa, ridichile.

Aplicarea îngrășămintelor cu magneziu este recomandabilă în următoarele cazuri: pe solurile unde s-a observat carența de magneziu; la culturile care consumă

Scanned with OKEN Scanner

mult magneziu sau sînt sensibile la carență de magneziu, culturi de seră, viță de vie, pomi fructiferi; pe terenurile unde se constată un bilanț negativ al magneziului.

Dozele de îngrășăminte cu magneziu se stabilesc în funcție de conținutul solului în magneziu și de cerințele plantelor; la apariția carențelor se aplică doze ridicate, ulterior doze de întreținere. Dozele prea mari de magneziu pot fi toxice pentru plante.

La graminee, o doză de 30—40 kg MgO/ha sub formă de săruri solubile este suficientă. Pe solurile acide, cantitatea poate fi mai mare cînd se administrează compuși de magneziu ca amendamente. La leguminoase, doza este de 30—60 kg MgO/ha, iar la cartof 80—100 kg MgO/ha. La vița de vie se recomandă stropiri cu soluție de sulfat de magneziu 2% sau aplicarea îngrășămîntului la sol. La pomii fructiferi sînt recomandate 4—5 stropiri cu soluție de sulfat de magneziu 2%. La pomi se mai pot aplica 10—15 t dolomită/ha, pe soluri acide.

Îngrășarea periodică cu gunoi de grajd, cel mai complet și accesibil îngrășămînt, previne apariția carențelor de magneziu și de alte elemente nutritive.

5.5.3. AGROCHIMIA CALCIULUI

Prezența și rolul calciului în organismele vegetale. Calciul este un element nutritiv necesar tuturor plantelor în procesele fiziologice. Acesta se găsește în fitină, alături de fosfor și magneziu, în special în semințe, și sub formă de pectat de calciu, cu rol de liant în membranele celulare pectocelulozice.

În țesuturile bătrîne, din frunze, calciul se acumulează ca oxalat. Calciul sub formă de $CaHPO_4$ se găsește în sucul celular avînd rol de substanță tampon. O parte din calciu este absorbit de către coloizii din plasmă. Aproximativ 60% din calciul conținut în plante este solubil în apă (Sorauer, 1969). Toate formele de calciu din plantă se găsesc într-un echilibru dinamic.

Calciul favorizează dezvoltarea sistemului radicular și contribuie la consolidarea tulpinii, care devine mai rezistentă la cădere. Calciul se găsește în cantitate mai mare în celulele bătrîne, el este necesar pentru creșterea țesuturilor tinere și în diviziunea celulară. Calciul favorizează circulația hidraților de carbon în plantă și accelerează descompunerea substanțelor proteice de rezervă din semințele care încolțesc. Calciul are un rol important în activitatea enzimelor. Concomitent, calciul are un rol antitoxic important față de cationii monovalenți (K^+, Na^+) și, în special, față de cationii divalenți (Mg^{2+}, Zn^{2+}, Cu^{2+}). Concomitent anihilează și acțiunea toxică a acidului oxalic, format în procesele de metabolism.

Ionul Ca^{2+} anihilează toxicitatea cationului K^+ și are o acțiune protectoare față de H^+ în exces, care măresc permeabilitatea membranelor plasmatice; calciul exercită o acțiune coagulantă asupra coloizilor, mărind viscozitatea protoplasmei urmată de reducerea permeabilității. Calciul are rol în sporirea numărului de nodozități la plantele leguminoase.

Plantele absorb ionii de calciu proveniți din disocierea electrolitică a sărurilor solubile în soluția solului. Spre deosebire de alte elemente, calciul are mobilitate scăzută în plante. Nevoia de calciu a plantelor nu este prea mare. Absorbția calciului depinde atît de cantitatea din mediul de nutriție cît și de raportul ioni de calciu ioni antagoniști.

Dintre plantele de cultură, morcovul, tomatele, salata, sfecla, cruciferele și leguminoasele sînt plante calcifile. Acestea conțin peste 1,5% Ca, iar plantele calcifobe conțin sub 1,1% Ca.

Excesul de calciu frînează absorbția K^+ și Mg^{2+} prin antagonism, determinînd, în majoritatea cazurilor, apariția carențelor de aceste elemente, de exemplu excesul de calciu favorizează carența de fer prin insolubilizarea acestuia.

Carența de calciu este mai puțin frecventă, comparativ cu alte elemente nutritive. În condițiile de seră carența poate să apară la tomate, ca urmare a dezechilibrului elementelor nutritive.

Scanned with OKEN Scanner

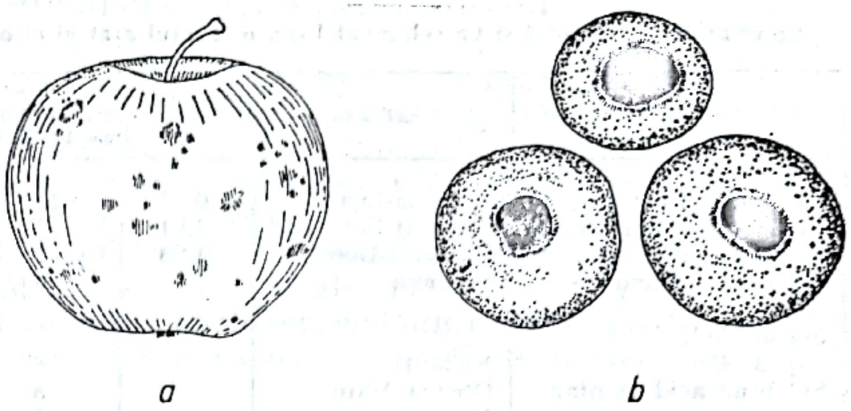


Fig. 5.20. Maladii provocate de insuficienţa de Ca în nutriţie:
a — boala petelor amare la măr;
b — putregaiul fructelor la tomate (după L i x a n d r u, 1984).

Simptomele insuficienţei se manifestă, de obicei, la plantele tinere, avînd aspect deosebit la diferitele specii de plante: rădăcinile se acoperă cu o substanţă mucilaginoasă, se produce deformarea frunzelor tinere, modificarea ţesuturilor tulpinilor şi ale rădăcinilor. Frunzele devin brune la fasole şi floarea-soarelui ca şi la tomate, la care pe fructe apar pete cafenii. La conopidă şi varză se înnegreşte partea interioară (inima).

La insuficienţa de calciu se acumulează mult amidon în frunze, care nu poate fi transferat în alte organe din cauza dereglării activităţii enzimei amilaza. La măr se manifestă „boala petelor amare" (bitter pit) cu aspect de ciupituri brune pe fruct, care mai tîrziu se necrozează; la tomate apare „putregaiul fructelor" (blossom-end rot) în partea opusă a pedunculului (fig. 5.20).

Carenţa de calciu se recunoaşte după aspectul exterior şi prin analiză foliară. Ea poate să apară pe solurile nisipoase, acide şi pe cele turboase.

Calciul în sol. În sol, calciul se găseşte în cantităţi mai mari decît alte elemente nutritive. Calciul, element accentuat litofil, participă în mare măsură la alcătuirea scoarţei globului, în medie 3,63% (S t i o p o l, 1968).

Calciul participă în alcătuirea a numeroase minerale primare rezistente la procesele de alterare, intrînd în reţeaua lor cristalină. Se găseşte în rocile eruptive bazice, intrînd în constituţia mineralelor feldspatice, în anortit, hornblendă. În rocile sedimentare se află în special în mineralele secundare sau sub formă de săruri ale acizilor minerali.

În soluri, cea mai mare parte din calciu se găseşte ca săruri greu solubile, şi sub formă de carbonat. În solurile bogate în calciu, cu reacţie alcalină, se găseşte în proporţie de 10—20% sub formă de calcit ($CaCO_3$) şi dolomit ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$). Se mai poate găsi sub formă de fosfat: monocalcic $Ca(H_2PO_4)_2$, dicalcic ($CaHPO_4$) şi tricalcic, $Ca_3(PO_4)_2$, şi sub formă de apatită, $Ca_5(PO_4)_3$ F. Sulfatul de calciu, $CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$, se găseşte în cantităţi mai mari în solurile din zonele aride şi în solurile salinizate.

În faza solidă, calciul se găseşte sub formă de ioni adsorbiţi în complexul coloidal al solului.

Conţinutul de calciu total şi calciu schimbabil din unele soluri din România este prezentat în tabelul 5.29.

Calciul se găseşte în rădăcina plantelor ca pectat de calciu şi în humus ca humat de calciu. În soluţia solului se găseşte sub formă de ioni, proveniţi în special din disocierea sărurilor solubile (azotaţi, cloruri).

Calciul precipită coloizii organo-minerali din sol, asigurînd aglomerarea particulelor singulare şi formarea unei structuri stabile. O proporţie de 50—80% de ioni de Ca^{2+} din *T* asigură menţinerea fertilităţii, formarea unei structuri stabile

Tabelul 5.29

Conținutul de Ca total și Ca schimbabil din orizontul arat al cîtorva tipuri de sol din România

Tipul de sol	Localitatea	Ca total, %	Ca schimbabil		Analist
			m.e./100 g sol	% din T	
Cernoziom tipic	Holboca-Iași	0,72	22	78	Conescu A.
Sol cenușiu de pădure	Cristești-Botoșani	1,01	12	57	Vasilescu P.
Cernoziom slab levigat	Mileanca-Dorohoi	1,03	21	64	Nastea St.
Sol cernoziomoid levigat	Suceava		16	65	Nastea St.
Sol argiloiluvial podzolic	Rădăuți		4	35	Vasilescu P.
Sol brun acid montan	Obcina Mare		8	25	Vasilescu P.
Psamosol tipic	Bechet		2	54	Dumitru E.
Sol brun roșcat tipic	Banu Mărăcine		8	61	Dumitru E.

a solului și un regim favorabil pentru apă și aer. Calciul, alături de alți cationi bazici (Mg^{2+}, K^+), compensează sarcinile negative ale complexului coloidal al solului, constituind cationul dominant în asigurarea gradului de saturație cu baze (V, %). Ca^{2+} adsorbit constituie fondul de ioni de schimb, prin intermediul căruia cationii nutritivi din îngrășăminte sînt reținuți în complexul adsorbtiv.

Humusul saturat cu calciu este stabil, puțin solubil și ca urmare se menține în orizontul superficial al solului.

În solurile acide Ca^{2+} precipită excesul de cationi de fer, aluminiu, mangan sub formă de $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $Mn(OH)_2$. În cantități mici, calciul, cation antagonist, anihilează, în solurile acide, toxicitatea ionilor H^+, Al^{3+}, Fe^{2+} aflați în exces în aceste soluri, îmbunătățind regimul de nutriție al plantelor.

Ionii de calciu din sol neutralizează acizii organici excretați de rădăcinile plantelor și acizii minerali (HNO_3, H_2SO_4, H_3PO_4) formați în sol prin activitatea microorganismelor. Calciul din diferite combinații [$Ca(OH)_2$; $Ca(HCO_3)_2$] este cel care neutralizează cationii H_3O^+ din solurile acide.

Deși carbonatul de calciu din sol este foarte greu solubil, anual au loc pierderi de calciu cuprinse între 100 kg—1 000 kg/ha. Pierderile de calciu sînt determinate, în principal, de textura solului și de cantitatea de precipitații. Apa din sol încărcată cu dioxid de carbon înlesnește pierderile de calciu prin solubilizarea $CaCO_3$ conform reacției:

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$$

Carbonatul acid de calciu format este ușor solubil și antrenat în profunzime de apa gravitațională.

Aplicarea îngrășămintelor sub formă de azotați, amoniac, uree, sulfați și a îngrășămintelor organice favorizează pierderile de calciu din sol.

Îngrășăminte chimice cu calciu. Calciul se găsește în îngrășămintele organice și în unele îngrășăminte chimice; în multe cazuri, administrarea acestor îngrășăminte satisface necesarul plantelor în calciu, care la majoritatea culturilor nu depășește 50 kg/ha anual.

După Sorauer (1969) gunoiul de grajd conține 0,5% CaO, cianamida de calciu 60%CaO, nitrocalcarul 15—25% $CaCO_3$, superfosfatul simplu 25—29% CaO.

Compușii cu calciu sînt utilizați în special la ameliorarea compoziției ionice a solurilor și la corectarea reacției lor (vezi cap. 4).

Teste recapitulative

5.5.1. Arătați care din macroelementele de ordin secundar sînt mai frecvent necesare ca îngrășământ, în ce condiții de cultură și sub ce formă se folosesc în acest scop.

Scanned with OKEN Scanner

5.6. AGROCHIMIA MICROELEMENTELOR

S-a menționat mai înainte că în această categorie se cuprind elementele necesare plantelor în cantități foarte mici pentru realizarea completă a ciclului lor vital. Rolul lor se deosebește fundamental de cel al elementelor majore: îndeplinesc o funcție catalitică în procesele enzimatice și participă la diverse reacții biochimice din plantă, fără a avea un rol plastic. Aceasta explică marea lor eficacitate și caracterul indispensabil, chiar dacă sînt necesare în cantități extrem de mici.

Literatura mondială (Mortvedt și colab., 1972; Reuter, 1974; Vlasiuk și colab., 1976 etc.) consideră microelemente următoarele: Fe, Mn, Cu, Zn, Co, B, Mo și Se, acesta din urmă avînd o anumită semnificație numai pentru nutriția animalelor.

Prezența microelementelor în cantități optime în sol favorizează formarea organelor de reproducere, fecundația, fructificarea, imprimă plantelor rezistență mai mare la îngheț, secetă și la maladii fiziologice, crește rezistența plantelor la concentrațiile ridicate de săruri, scurtează perioada de vegetație și influențează pozitiv mărimea și calitatea recoltelor.

Spre deosebire de macroelemente, concentrațiile domeniului optim dezvoltării plantelor sînt mai greu de sesizat, deoarece limitele domeniului sînt foarte apropiate de fitotoxicitate și insuficiență, spre deosebire de macroelemente pentru care între insuficiență și fitotoxicitate se află un interval larg, putîndu-se ușor sesiza trecerea la exces prin analiza plantei sau a solului.

5.6.1. AGROCHIMIA FERULUI

Prezența și rolul ferului în organismele vegetale. Ferul este accesibil plantelor sub formă de ioni Fe^{2+}, Fe^{3+} și sub formă de chelați. Pătrunde în rădăcină numai ca Fe^{2+}. Absorbția din forma Fe^{3+} depinde de însușirile rădăcinilor de a-l reduce la Fe^{2+} cu ajutorul citocromilor sau al altor compuși flavinici. Din chelați, ferul este desprins înainte de pătrunderea sa în rădăcină.

Absorbția ferului în rădăcină poate fi afectată de *p*H și de interacțiunea cu alte specii de ioni. Experiențe efectuate cu ^{59}Fe la soia au arătat că în concentrații ridicate ionii metalici din soluția solului frînează pătrunderea Fe^{2+} în rădăcină, inducînd cloroza ferică (Brown, 1963; Tiffin, 1967). Efecte competitive evidente s-au remarcat în cazul Mn^{2+}, Cu^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Zn^{2+} și K^+. Metalele care formează complecși chelatici mai stabili (Zn și Cu) deranjează mai mult absorbția ferului. Ionii fosfat și cei de molibdat formează compuși insolubili cu ferul; ionii NO_3 frînează absorbția Fe^{2+} în plantă, iar NH_4^+ o stimulează. Concentrațiile ridicate de calciu influențează negativ „ferul fiziologic activ".

După absorbția în rădăcină, Fe^{2+} este transferat prin xilem spre partea aeriană sub formă de citrat. Concentrațiile ridicate de $Ca(HCO_3)_2$ din soluția solului împiedică translocarea ferului. Mobilitatea ferului în plantă este scăzută, putînd fi greu transferat din frunzele în vîrstă în cele tinere; de aceea cloroza ferică se manifestă începînd dinspre vîrful plantei.

Părțile verzi ale plantei conțin între 20—300 ppm Fe. Speciile mari consumatoare de Fe (salată, spanac) conțin 200—600 ppm. Semințele și fructele conțin mai puțin Fe, comparativ cu restul plantei. Frunzele în vîrstă sînt mai bogate în Fe, comparativ cu cele tinere. Sfecla și cartoful conțin 25—75 ppm Fe. Circa 80% din totalul Fe din frunze se află în cloroplaste, restul fiind în citrocomi și în diverse enzime.

Funcțiile biochimice ale ferului din plantă se explică prin însușirea acestuia de a forma compuși complecși, de tip chelat, și de a suferi schimbări reversibile

Scanned with OKEN Scanner

de valență: $Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + e^-$. Este implicat direct sau indirect în toate procesele fiziologice.

Se găsește în grupările prostetice ale unor sisteme enzimatice sub forma de *hem* (o combinație complexă a Fe^{3+}) sau *hemine* (combinații analoage hemului ce conțin clor ionizat).

În asemenea compuși fierul joacă un rol analog Mg din porfirinele ce alcătuiesc clorofila. Catalaza și citrocromoxidaza conțin Fe hemic, grupări asemănătoare fiind și în citrocromii a, b și c. Catalaza și peroxidaza au rol în procesul de respirație, catalizînd reacțiile:

$$H_2O_2 + H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2\,H_2O \text{ (cazul catalazei) și}$$

$$AH_2 + H_2O_2 \longrightarrow A + 2\,H_2O \text{ (cazul peroxidazei),}$$

A fiind o coenzimă. În aceste enzime se află circa 0,1% din totalul fierului din frunze.

Fierul participă la sinteza clorofilei și la fotosinteză. În cloroplaste este stocat sub formă de *fitoferitină*, o fosfoproteină cu Fe^{3+} nehemic ce constituie o rezervă de Fe cu implicații în fotosinteză, formarea plastidelor și menținerea ultrastructurii cloroplastelor. O altă formă de Fe nehemic în cloroplaste este *feredoxina*, o proteină implicată în procesele de oxido-reducere și transfer de electroni. Feredoxina participă ca sistem redox la fotosinteza din frunze, la reducerea ionilor NO_3^- și SO_4^{2-} spre a fi incluși în compuși organici și la fixarea N_2 atmosferic de către microorganisme. Există o strînsă corelație între conținutul de fer din frunze și cel din clorofilă.

Direct sau indirect, Fe participă la procese de transaminare (sinteza proteinelor).

Insuficiența de fer produce *cloroza ferică*, ce se observă în primul rînd pe frunzele tinere ale plantei, care capătă culoare verde-deschis printre nervuri, într-un stadiu avansat de insuficiență de Fe frunzele devenind galbene sau albicioase ca o consecință a dispariției clorofilei. Cloroza ferică se întîlnește la cireș, vișin, păr, vița de vie, porumb, tomate, soia, fasole, citrice (se numesc specii calcifuge). Este numită și „cloroză calcară", deoarece apare cînd solul conține mult $CaCO_3$. Întrucît există mult Ca^{2+} în soluția solului, se presupune existența acțiunii concurente între Ca^{2+} și Fe^{2+} pentru ocuparea aceleiași poziții pe cărăuș.

Primăverile umede și răcoroase, afinitatea scăzută dintre altoi și portaltoi, altoirile în coroană, *p*H-ul slab alcalin, creșterea concentrației ionilor HCO_3^- din soluția solului sînt condiții favorabile clorozei. Cloroza cauzată de excesul de fosfați se recunoaște prin valori ridicate ale raportului P/Fe din frunze. Fierul divalent din frunze — așa-numitul „Fe activ" — poate fi extras cu HCl 1 *n*, acesta corelîndu-se pozitiv cu conținutul de clorofilă (Wallace, 1928 etc.). În frunzele clorotice se acumulează acid citric datorită slabei activități a enzimei aconitaza. Fenomenul se întîlnește și cînd crește valoarea raportului K/Ca sau Mn/Fe. În frunzele merilor neclorotici valoarea raportului P/Fe este de 40—50, iar la pomii clorotici de 60—70. La vița de vie afectată de cloroză calcară se micșorează conținutul de K, P, Zn și B din frunze, cu repercusiuni evidente asupra producției și sănătății butucilor. În anii ploioși sau următori celor ploioși fenomenul se extinde pe areale largi (Lixandru și colab., 1982).

Fierul în sol. În crusta terestră, fierul ocupă locul patru după O, Si și Al, constituind 5% din greutate și 0,68% din volum. Solurile conțin cel puțin 2—3% Fe total. O dată cu recoltele se exportă anual cantități relativ mici de Fe. Se găsește în compuși organici și anorganici.

Fierul din compușii anorganici poate fi divalent sau trivalent. Forma trivalentă se întîlnește în minerale primare sau secundare, greu solubile, cele mai multe provenind din roci magmatice (olivină, augit, hornblendă). În mineralele argilei poate substitui izomorf aluminiul, de aceea montmorilonitul conține mai mult Fe comparativ cu caolinitul. Fierul neangajat în mineralele primare sau secundare formează oxizi: goethit (α-FeOOH), hematită (α-Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4) etc.

Scanned with OKEN Scanner

Forma solubilă în soluția solului se prezintă ca ioni Fe^{3+}, $Fe(OH)^{+}_{2}$, $Fe(OH)^{2+}$, Fe^{2+}, reprezentînd foarte puțin din ferul total. În solurile aerisite, forma Fe^{2+} se află în cantități procentual mai scăzute din totalul formei solubile. Creșterea *p*H-ului cu o unitate micșorează de 1 000 de ori conținutul în forma Fe^{3+} solubilă. Solubilitatea hidroxizilor de fer depinde, de asemenea, de *p*H, fiind mai ridicată la *p*H acid. Cel mai scăzut conținut de Fe solubil se află la *p*H cuprins între 6,5—8,0. Solul foarte acid conține mult Fe solubil, care poate avea efecte nefavorabile asupra plantelor cultivate; dimpotrivă, în solul calcaros se găsește foarte puțin Fe solubil. La *p*H peste 8,0, o mare parte din Fe solubil se găsește sub formă de $Fe(OH)^{-}_{4}$. Există, de asemenea, și $Fe(OH)_3$ coloidal în soluția solului.

Condițiile anaerobe măresc activitatea Fe^{2+} pe seama Fe^{3+}. De aceea, în solul inundat conținutul de Fe^{2+} atinge nivelurile nocive, la orez producînd „bronzarea frunzelor". Pentru o nutriție satisfăcătoare, soluția solului trebuie să conțină circa 0,5 ppm Fe, în timp ce în orezării se ajunge la 300 ppm. Soluția solului bine aerisit conține sub 0,5 ppm Fe, plantele obținînd parțial ferul necesar din formele trivalente solubilizate de excrețiile radiculare.

Complecșii organo-minerali ai ferului cu acizii humici, silicici, fosforici sînt relativ stabili în mediul alcalin. Acizii humici și cei organici (tartric, citric, salicilic etc.) proveniți din descompunerea materiei organice formează chelați cu ferul, mai solubili în mediu neutru sau slab alcalin decît în cel acid. Ei explică rezistența plantelor la cloroza ferică pe soluri bogate în carbonați.

Formele de Fe^{2+} și Fe^{3+} neangajate în minerale, solubile sau ca oxizi și hidroxizi, se numesc „fer liber", iar Fe^{2+} din soluția solului este „ferul mobil". Puterea clorozantă a solului se determină indirect, dozînd $CaCO_3$ activ (solubil în soluție 0,2 *n* de oxalat de amoniu, *metoda Drouineau*, 1943, sau *metoda Juste-Pouget*, 1972) și Fe solubil în aceeași soluție (vezi subcap. 8.5). La extracția ferului în soluție de acetat de amoniu cu *p*H 4,8 (metoda Olson, 1965) se apreciază că este posibilă apariția clorozei ferice cînd solul conține sub 0,3 ppm Fe, la peste 2 ppm aprovizionarea solului fiind optimă sau ridicată.

Aplicarea îngrășămintelor cu fer. Cloroza calcară se combate greu, de aceea se recomandă prevenirea ei prin cultivarea de specii și soiuri puțin sensibile la conținutul ridicat de $CaCO_3$ activ. Aplicarea sulfatului feros ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) pe solul bogat în calcar activ rămîne fără efect datorită insolubilizării ferului sub formă de oxizi. Se recomandă stropiri cu soluții conținînd 5% $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ în timpul iernii și 0,3% în timpul vegetației, neutralizate cu lapte de var pentru a nu provoca arsuri. Înverzirea frunzelor are loc numai pe porțiunile acoperite de picături. Prin comparație cu aplicarea la sol, stropirile foliare sînt de circa 12 ori mai eficiente în cazul zincului și de 25—100 ori în cel al ferului (McNall, 1967). Soluțiile se aplică imediat după preparare.

Elementele pătrund în frunze prin epiderma celulelor sau prin stomate, inițial remarcîndu-se o fază scurtă de absorbție intensă nemetabolică, urmată de o fază lentă și îndelungată de absorbție metabolică. Grosimea cuticulei, numărul de stomate pe unitatea de suprafață, vîrsta frunzelor și condițiile de mediu influențează eficacitatea stropirilor foliare. Temperaturile moderate (21°C) și umiditatea atmosferică ridicată previn uscarea rapidă a picăturilor de soluție. Cele mai favorabile condiții de stropire se întîlnesc dimineața devreme cînd umiditatea atmosferică este ridicată, iar stomatele sînt deschise. Picăturile fine (0,1—0,2 mm) și atomizarea măresc evident efectul tratamentului.

Stropirile se repetă de cîteva ori începînd de primăvara, datorită mobilității scăzute a microelementelor aplicate foliar. În ordinea mobilității, microelementele se prezintă în următoarea succesiune: Zn > Cu > Mn > Fe > Mo (Bucovac și Wittwer, 1967). Timpul necesar absorbției în frunză a 50% din microelementul care poate fi folosit de plantă variază între 1—2 zile în cazul Zn și Mn și 10—20 zile pentru Fe și Mo. Deși are loc o translocare inițială a ferului

Scanned with OKEN Scanner

pătruns în frunze, cantitatea devine insuficientă pentru acoperirea creşterilor vegetative ulterioare.

Mult recomandate sînt stropirile foliare cu chelaţi conţinînd fer: FeEDTA (sarea de fer a acidului etilen diamino tetraacetic), FeDTPA (sarea de fer a acidului dietilen triamino pentaacetic), FeEDDHA (sarea de fer a acidului etilen diamino di-O-hidroxifenilacetic) etc. Se folosesc circa 150 g produs activ la 100 litri apă. Stropirile în care s-au folosit 10—50 g Fe sub formă de chelaţi au dat rezultate mai bune comparativ cu acelea în care s-au folosit 1,1 kg Fe sub formă de sulfat feros. Încorporarea chelaţilor în sol nu este indicată. Chelaţii sînt mai scumpi ca sulfatul feros şi mai greu de procurat.

Rezultate pozitive la pomi s-au obţinut prin injecţii cu sulfat feros sub scoarţă, înainte de pornirea vegetaţiei, folosind 0,125 g $FeSO_4 \cdot 7\,H_2O$ la pomii tineri şi ceva mai mult la cei în vîrstă.

Îngrăşămintele cu reacţie potenţial acidă măresc activitatea Fe^{2+} din sol. Un efect superior îl are gunoiul de grajd putred, 40—50 t/ha, care conţine substanţe cu proprietăţi chelatizante.

5.6.2. AGROCHIMIA BORULUI

Borul în plantă. Borul se găseşte în frunzele plantelor în cantităţi mici. Conţinutul cel mai scăzut se găseşte la cereale (4,4—9,9 ppm B faţă de substanţa uscată), un conţinut mediu îl au plantele leguminoase (20 ppm B), iar un conţinut ridicat se află în frunzele de sfeclă de zahăr (90 ppm B) şi în lujerii de cartof (201 ppm B).

În plante, borul se găseşte sub formă de compuşi ai acidului boric cu alcooli, oxiacizi şi glucide. Cu substanţele organice care conţin grupări hidroxilice (OH) formează compuşi complecşi cu caracter de peroxid, care pot furniza rădăcinilor oxigenul, acolo unde accesul lui este limitat din cauza băltirii apei. În plantă, B îndeplineşte funcţia de element constructiv, fiind necesar la formarea ţesuturilor şi a pereţilor celulari. Influenţează pozitiv formarea organelor de reproducere, înflorirea şi fructificarea, ca şi sinteza glucidelor. Prezenţa lui este necesară pentru formarea polenului, a nodozităţilor pe rădăcinile plantelor leguminoase. Are o influenţă favorabilă asupra regimului apei din plantă (M e n g e l, 1968). Micşorează toxicitatea altor elemente prezente în soluţia solului.

Borul stimulează activitatea diferitelor enzime: catalază, hidrolază, invertază etc. şi participă în procesele de oxido-reducere din plantă (C a l a n c e a, 1977).

Insuficienţa borului opreşte procesul de creştere şi de dezvoltare a plantelor şi determină apariţia multor boli. Astfel, produce avortarea florilor la leguminoase, căderea prematură a fructelor, putrezirea inimii sfeclei de zahăr, putregaiul brun sau roşu al verzei roşii, pătarea cafenie a caiselor, pătarea verde-închis a piersicelor, pătarea brună a merelor sub care se formează un strat de plută, bacterioza la in etc.

Insuficienţa de B produce încetarea dezvoltării mugurilor apicali şi a mugurilor de creştere. La pomii fructiferi, organele tinere se îngălbenesc, se răsucesc, clorozîndu-se, iar frunzele inferioare se usucă şi cad. Sporul de recoltă în cadrul fertilizării cu NPK este mai scăzut în absenţa borului. La viţa de vie, insuficienţa de B poate fi una din cauzele fenomenului de mărgeluire, la castraveţi fructele se deformează şi crapă.

Excesul de bor este toxic pentru plante, apare frecvent în zonele în care apele de irigare sînt bogate în bor. Excesul de bor se manifestă prin necrozarea vîrfului şi a marginilor frunzelor, la cereale tulpinile se colorează în roşu-purpuriu, la viţa de vie apar cîrcei sub formă de îngroşări noduroase de culoare brună-închis.

În rădăcina plantelor borul pătrunde sub forma H_3BO_3 sau ca ioni ai acidului ortoboric.

Scanned with OKEN Scanner

Borul în sol. Rezervele solurilor de bor total sînt foarte variabile, fiind cuprinse, în orizontul superior, între 12—140 ppm B. Valorile cele mai scăzute sînt caracteristice psamosolurilor (12—18 ppm B, după Băjescu și Chiriac, 1984). În cantități mai mari se află în molisoluri și planosoluri (26—66 ppm).

Principalele minerale ce conțin B sînt: colemanita, $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5\,H_2O$; turmalina, (Na, Ca) (Mg, Al_6) [$(B_3Al_3Si_6\,(O, OH)_{30}$] și altele predominînd în mineralele din grupa turmalinei.

O mare parte din bor este legată chimic în materia organică, conținutul lui fiind mai ridicat în stratul arat decît în cele inferioare.

O fracțiune scăzută de B, importantă sub aspectul accesibilității pentru plante, se află în stare adsorbită ca ion borat. Aceștia pot fi legați de metale alcaline, alcalino-teroase și de materia organică. Totodată sînt reținuți de sesquioxizii de fer și aluminiu. Tăria adsorbției la mineralele argiloase și la sesquioxizii de Fe și Al crește cu creșterea valorii *p*H-ului. La valori *p*H ridicate borul precipită, de aceea aplicarea amendamentelor în exces micșorează accesibilitatea B pentru plante.

În soluția solului se găsește sub formă nedisociată, H_3BO_3, la valori *p*H peste 9,2 fiind sub forma anionilor $H_2BO_3^-$ (Lindsay, 1972). Conținutul solurilor în bor depinde de textura acestora, cele argiloase fiind mai bogate în bor, comparativ cu cele nisipoase. În solurile turboase, răspîndirea borului pe profil este uniformă.

Plantele pot asimila numai borul solubil în apă. În funcție de însușirile solului, borul solubil în apă reprezintă 0,2—10% din rezerva totală de B, valorile minime fiind specifice luvisolurilor albice și planosolurilor, iar cele maxime solonceacurilor și soloneturilor salinizate. Prin irigare, conținutul de bor solubil scade în stratul arat.

În funcție de gradul de aprovizionare cu bor solubil în apă, solurile pot fi clasificate în următoarele grupe:

— *bine aprovizionate*, cele cu textură nisipo-lutoasă cînd conțin peste 3 ppm B; cele cu textura argiloasă, cînd conțin 3—6 ppm B. Pe asemenea soluri plantele se dezvoltă normal, nu au nevoie de îngrășăminte cu bor;

— *mediu aprovizionate*, soluri cu textură nisipo-lutoasă avînd 1,6—3 ppm B; soluri cu textură luto-argiloasă ce conțin 3,1—6,0 ppm B. Pe astfel de soluri plantele se dezvoltă normal însă dau recolte mai scăzute decît solurile bine aprovizionate;

— *slab aprovizionate*, soluri cu textură nisipo-lutoasă ce conțin sub 1,5 ppm B; soluri cu textură luto-argiloasă ce conțin sub 3 ppm B. Pe astfel de soluri recolta de semințe sporește numai prin aplicarea îngrășămintelor cu bor.

Aplicarea și eficiența îngrășămintelor cu bor. Îngrășămintele speciale cu bor se pot aplica la sol sau prin stropiri foliare. Se folosesc în acest scop următoarele substanțe: acid boric, H_3BO_3, ce conține 17,5 B; borax, $Na_2B_4O_7 \cdot 10\,H_2O$, cu 11,3% B; pentaborat de sodiu, $Na_2B_{10}O_{16} \cdot 10\,H_2O$, cu 18% B; solubor, un amestec de tetraborat de sodiu și pentaborat de sodiu, cu 20% B; superfosfat cu bor pentru aplicat la sol, cu 0,5% B; reziduurile bor-manganice (șlam de bor) de la fabricile de acid boric. Pentru stropiri foliare, cel mai indicat este pentaboratul de sodiu, care la pomii fructiferi se aplică înainte de înflorit, în timpul înfloritului și după înflorit, în concentrație de 100—200 g produs la 100 l apă.

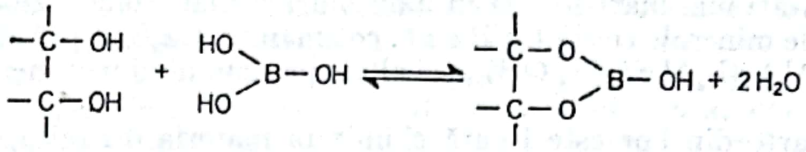
Alte îngrășăminte obișnuite pot conține, de asemenea, anumite cantități de bor: gunoiul de grajd, silvinita, cenușa, unele îngrășăminte complexe.

Eficiența îngrășămintelor cu bor variază în raport cu tipul de sol, cu specia de plante la care se aplică, cu dozele utilizate.

Eficiența în raport cu tipul de sol. Regimul borului solubil în soluția solului este influențat de conținutul de humus, de prezența anumitor substanțe ușor solubile, de reacția solului, de prezența hidroxizilor de fer și aluminiu, de natura ionilor adsorbiți, de mineralele argiloase și de cantitatea de amendamente calcaroase aplicate solului.

Scanned with OKEN Scanner

Cu substanțe solubile rezultate din activitatea microorganismelor care au proprietăți chelatizante, borul se leagă prin intermediul grupărilor OH:



Toți acești compuși complecși sînt greu accesibili plantelor.

Reacția solului influențează în felul următor absorbția borului de către plante: în limitele de *p*H 4,7—6,3 are loc o absorbție normală, iar la *p*H peste 6,3 posibilitatea absorbției borului scade (P e t e r s o n și N e w m a n, 1976).

Aplicarea amendamentelor pe soluri acide mărește activitatea ionilor OH^-, ceea ce favorizează posibilitatea fixării ionilor borat în forme inaccesibile sau greu accesibile plantelor.

Mineralele argiloase pot reține ionii borat prin intermediul grupărilor —OH de la exteriorul particulelor. În condițiile reacției slab alcaline, fracțiunile argiloase saturate cu ioni de Na^+ fixează cantități mai mari de bor comparativ cu cele saturate cu Ca^{2+}. Aceasta se explică prin aceea că sodiul mărește gradul de dispersare a mineralelor argiloase și prin aceasta capacitatea de fixare a ionilor borat.

Sesquioxizii hidratați, care în mediu acid sînt parțial disociați, $[Fe(OH)_{3\,n-1}]^+ + OH^-$, reacționează prin grupările —OH cu ionii și moleculele de H_3BO_3, formînd complecși acizi cu solubilitate scăzută; pe această cale concentrația borului solubil scade, micșorîndu-se posibilitatea aprovizionării plantelor cu bor. Solurile cu textură mijlocie sînt slab aprovizionate, cînd conțin sub 0,25 ppm B solubil în apă fierbinte, bine aprovizionate cînd conțin 0,4—1,2 ppm. R e i s e n a u e r și colab. (1973) consideră că la un conținut de 5 ppm borul devine toxic.

Eficacitatea în raport cu planta. Plantele reacționează în mod diferit la concentrațiile borului în soluția solului. În funcție de această reacție, plantele se împart în următoarele grupe:

— *specii sensibile la concentrații mari de bor:* lupinul, vița de vie, mărul, părul, piersicul, caisul, prunul, vișinul și lămîiul;

— *specii tolerante la concentrații mari de bor:* lucerna, sfecla de zahăr, fasolea, dovleacul, ardeiul, sparanghelul, varza, trifoiul etc.

La aplicarea îngrășămintelor se ține seama de consumul de B al culturii. O recoltă de lucernă extrage 1,2 kg B/ha anual (B r a d f o r d, 1966), iar sfecla de zahăr 350—400 g B/ha (H e m, 1960).

Analiza foliară constituie unul din criteriile pentru constatarea sferei de aprovizionare a plantelor cu bor. Leguminoaselor și cruciferelor le sînt necesare cantități mai ridicate de bor comparativ cu gramineele. Eficiența cea mai pronunțată a îngrășămintelor cu bor se remarcă la sfecla de zahăr, in, pomi fructiferi, vița de vie, trifoi și lucernă (cultivate pentru sămînță).

Doze de îngrășăminte cu bor. F l e m i n g (1980) recomandă la speciile cu necesități scăzute (cereale, ierburi perene, fasole, mazăre) doze pînă la 0,5 kg B/ha, la cele cu necesități moderate (cartofi, tutun, morcovi, salată, ceapă, cireș, piersic, păr, bumbac), doze de 0,5—2,5 kg B/ha, iar la speciile cu necesități ridicate (lucernă, trifoi, sfeclă de zahăr, floarea-soarelui, spanac, varză, sfeclă roșie, măr) doze de 2,5—5 kg B/ha.

Aplicarea îngrășămintelor în sol se face înainte de însămînțare. Stropirile foliare cu îngrășăminte ce conțin B pot fi asociate cu substanțe fitofarmaceutice. Se poate aplica și prin umectarea semințelor. La soluri acide, dozele se calculează funcție de gradul de neutralizare a acidității prin amendamente. La o neutralizare de 1/2 din *Ah* se aplică 3 kg B/ha, la o neutralizare mai accentuată se folosesc 4—6 kg B/ha.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicarea extraradiculară se face cu soluții de solubor, produsul comercial cel mai solubil, în concentrații de 200 mg B/l. La 1 ha se folosesc 0,8—1 m^3 soluție, care se aplică în două etape a 0,4—0,5 m^3 soluție/ha înainte de înflorit.

Cînd se aplică prin prăfuire, cantitatea maximă de bor nu trebuie să fie mai mare de 500 g B/ha.

Cînd tratamentul se execută prin înmuierea semințelor în soluție de bor, concentrația soluției de H_3BO_3 va fi următoarea: 0,01—0,03% pentru cereale și leguminoase; 0,005—0,015% pentru plante leguminoase și rădăcinoase; 0,05% pentru in; 0,04% pentru porumb. Pentru 100 kg semințe sînt necesari 8—10 litri soluție. În cuburi nutritive se adaugă 1—2 g H_3BO_3 la 1 m^3 amestec nutritiv.

5.6.3. AGROCHIMIA CUPRULUI

Cuprul în plantă. Conținutul plantelor în cupru este cuprins între 3—15 ppm Cu față de substanța uscată. În cantități mai ridicate se găsește în semințe și în organele de creștere, adică acolo unde procesele vitale sînt mai intense. Are rol important în metabolism, fiind element constitutiv al ascorbicoxidazei (enzimă ce participă activ la oxidarea acidului ascorbic) și al polifenoloxidazei (tirozinaza) implicată în transformările tirozinei, în fructe și tuberculii de cartof. Oxidarea tirozinei conduce la formarea unor produși intermediari (melanine) de culoare brun-închis. Alături de Fe, este prezent și Cu în citocromoxidaze, care participă la procesele de respirație. Aproape întreaga cantitate de Cu din frunze este localizată în cloroplaste.

S-a stabilit, de asemenea, influența Cu asupra echilibrului glucidic și proteic din plante, favorizînd creșterea conținutului de glucide, lipide, protide și vitamine. Cuprul împiedică procesul de îmbătrînire fiziologică și favorizează prelungirea activității vitale a frunzelor.

Simptomele vizuale ale deficitului de cupru sînt încetinirea creșterii plantelor, apariția pe frunze a petelor de culoare deschisă, la cereale păioase apar spice albe și seci („maladia de reclamație" sau „ciuma albă"), și veștejirea pînă la albirea vîrfului frunzelor și răsucirea lor. După uscarea vîrfului de creștere cerealele păioase înfrățesc din nou fără ca planta să revină la normal, dimpotrivă, condițiile ei de viață se înrăutățesc.

La cereale, insuficiența Cu provoacă întîrzierea înfrățitului, micșorează rezistența la cădere și la atacul muștei suedeze. La pomi, insuficiența Cu se manifestă prin scăderea fructificației și apariția bolii numită exanthemă. Frunzele pomilor bolnavi conțin sub 2—3 ppm Cu (față de substanța uscată), iar cei sănătoși conțin circa 20 ppm Cu sau mai mult. Concentrațiile mai ridicate în cupru sînt toxice pentru plante.

Plante sensibile față de excesul de Cu sînt: trifoiul, lucerna, macul, cartoful, spanacul, căpșunul. Se manifestă prin atrofierea sistemului radicular, înroșirea și uscarea frunzelor.

Plantele intoxicate conțin peste 20 ppm Cu (J o n e s, 1972).

Cuprul este asimilat de plante sub formă de ioni Cu^{2+} sau sub formă de chelați. Cuprul pătrunde în plantă atît pe cale foliară, cît și pe cea radiculară.

Cuprul în sol. Rezervele de Cu total în orizontul superior al solurilor variază în limite largi, fiind cuprins între 3—42 ppm (B ă j e s c u și C h i r i a c, 1984). Cel mai scăzut conținut se găsește în soluri cu textură grosieră, iar cel mai ridicat în cele cu textură fină. Solurile brune podzolite, luvisolurile albice conțin sub 3 ppm, iar cernoziomurile conțin 30—50 ppm.

Conținutul cel mai scăzut de cupru accesibil plantelor (dozat în extract de sol cu HCl 1 *n* sau Na_2EDTA) se întîlnește la psamosoluri, soluri luvice și luvisoluri albice (0,5—5 ppm). Conținuturi relativ ridicate se întîlnesc în lăcoviști, în unele

Scanned with OKEN Scanner

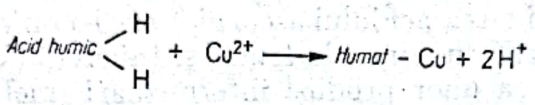
soluri aluviale, cernoziomuri, în plantații pomi-viticole, unde se efectuează tratamente cu soluții cuprice (peste 10 ppm Cu).

Formele sub care se găsește Cu în sol sînt următoarele:

Compuși greu solubili cum sînt mineralele primare (roci magmatice): sulfură cuproasă (Cu_2S), calcopirită ($CuFeS_2$), bornit (Cu_5FeS_4) etc., iar în mineralele secundare este reprezentat sub formă de sulfați: ca brochantit ($Cu_4[(OH)_6SO_4]$), calcanit ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), carbonați — malachit $Cu_2[(OH)_2 \cdot CO_3]$, azurit $Cu_3[(OH)_2(CO_3)_2]$; silicați — crisocol ($CuSiO_3 \cdot 2H_2O$), dioptaz [$Cu_3(Si_3O_9) \cdot 3H_2O$].

Cuprul adsorbit de coloizii minerali și organici. Sub această formă se găsește la suprafața coloizilor, în principal ca ion divalent (Cu^{2+}) și apoi ca ion monovalent rezultat prin procese de hidroliză, $Cu(OH)^+$. Tăria de adsorbție depinde de capacitatea de reținere a mineralelor sulfuroase, de reacția solului. Cel mai puternic este reținut la *p*H 7—8 și mai puțin puternic la *p*H scăzut (R e u t h e r și L a b a n a n s k a s, 1966).

La coloizii organici, Cu este reținut la nivelul radicalilor carboxilici și fenolici sau formează combinații complexe relativ stabile cu acizii fulvici și huminici și cu alți compuși organici, conform schemei:



Cuprul în soluția solului. Provine din disocierea sărurilor ușor solubile, [$Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$; $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ și $CuSO_4 \cdot 5H_2O$] și prin schimb de cationi de la coloizii organo-minerali. Pe măsură ce este consumat de plante sau este îndepărtat prin levigare, concentrația acestuia se reface pe seama cuprului adsorbit. În solurile acide, mobilitatea lui este mai mare decît în cele neutre și alcaline, de aceea, pe asemenea soluri cuprul este îndepărtat ușor din orizontul de la suprafața solului.

Factorii care micșorează mobilitatea și accesibilitatea cuprului pentru plantă sînt: reacția alcalină, conținutul ridicat de Ca^{2+} (excesul de amendamente calcaroase) și chelatizarea cuprului de către substanțele organice ale solului (T i s d a l e și N e l s o n, 1975). Acești factori favorizează carența de cupru. Interpretarea aprovizionării solului cu cupru se face prin extracția acestuia cu soluții diluate ale unor acizi tari (tabelul 5.30). Carențele în Cu apar pe solurile acide și pe cele mlăștinoase și turboase. Pe asemenea soluri, încorporarea îngrășămintelor cu cupru micșorează accesibilitatea ferului și manganului, care se află în cantități toxice în soluția solului.

Tabelul 5.30

Interpretarea conținutului de cupru din sol extras cu soluție de HCl *1 n*

Aprovizionarea solului cu cupru	Foarte scăzută	Scăzută	Mijlocie	Ridicată	Foarte ridicată
Cu, ppm	<0,3	0,3—1,5	2—3	4—7	>7

Aplicarea și eficiența îngrășămintelor cu cupru. Ca îngrășăminte cu cupru se pot folosi: sulfatul de cupru ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) cu 25,9% Cu; oxiclorura de cupru, $CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2$ (care conține 30% Cu); cenușa de pirite, deșeu de la fabricile de acid sulfuric, o pulbere neagră, nehigroscopică, cu 0,3—1,5% Cu. Zgura de cuptor de la Copșa Mică conține 15 500 ppm Cu total, din care circa 200 ppm formă accesibilă plantelor și 27 500 ppm Zn total (390 ppm forma mobilă), pe lîngă alte microelemente (P o p e s c u și colab, 1980). Tot ca îngrășămînt pot fi utilizați chelații cu cupru. Unii autori recomandă *pudra cuproasă*, care este un amestec de talc tehnic și sulfat de cupru, ce conține 14—16% $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (5—6% Cu),

Scanned with OKEN Scanner

utilizabilă pentru pudrarea seminţelor înainte de semănat, în cantitate de 150—300 g/100 kg sămînţă.

Efectul îngrăşămintelor cu cupru depinde de: condiţiile de sol, de cultură, de dozele utilizate şi de modul de aplicare a îngrăşămîntului.

În condiţiile solurilor acide, cantitatea de cupru din soluţia solului ar trebui să fie mai ridicată decît în solurile neutre sau alcaline. Totuşi, în asemenea soluri se constată adesea carenţe mai accentuate decît pe solurile neutre sau slab alcaline. Aceasta se explică prin faptul că cuprul este spălat cu uşurinţă de precipitaţiile abundente. Aplicarea îngrăşămintelor cu potasiu asigură o mai bună asimilare a cuprului deoarece, în urma reacţiei de schimb de cationi, soluţia solului se îmbogăţeşte cu cupru. Fertilizarea cu azot ca NO_3^- necesită cantităţi mai mari de cupru (M u l d e r, 1950). Dozele mari de îngrăşăminte cu P manifestă efect antagonist asupra absorbţiei cuprului de către plante (C h e s h i r e şi colab., 1967). De asemenea, excesul de fer şi mangan micşorează accesibilitatea cuprului pentru plante.

În funcţie de cerinţele lor pentru cupru, diversele specii de plante cultivate se pot clasifica astfel:

— *sensibile la insuficienţa cuprului:* orzul, ovăzul, grîul, spanacul, morcovii şi ceapa;

— *moderat sensibile la insuficienţa cuprului:* sfecla, napii şi altele;

— *tolerante la insuficienţa cuprului:* secara, cartofii, hrişca, tomatele, lucerna şi trifoiul.

Speciile care au sensibilitate ridicată la insuficienţa de cupru manifestă un efect mai accentuat în urma aplicării îngrăşămintelor.

Dozele de îngrăşăminte cu cupru variază în funcţie de starea de aprovizionare a solului cu forme accesibile de cupru şi de particularităţile biologice ale plantelor. Solurile acide sau turboase, ce conţin sub 2,5—3,5 ppm Cu accesibil, au nevoie de îngrăşăminte; la un conţinut de 4—5 ppm Cu, nu mai este necesară aplicarea îngrăşămintelor cu Cu.

Aplicarea în sol se face prin împrăştiere, toamna sau primăvara, în cantităţi de 25—50 kg $CuSO_4 \cdot 5H_2O$/ha sau 300—500 kg zgură/ha o dată cu fertilizarea de bază, înainte de semănat. Încorporarea are loc o dată la 3—5 ani. Cuprul rămîne în zona unde a fost încorporat, datorită formării unor complecşi stabili cu materia organică.

Aplicarea foliară a cuprului se foloseşte cînd este utilizat şi pentru combaterea bolilor criptogamice. Se folosesc soluţii de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ neutralizate cu lapte de var (zeamă bordeleză) sau oxiclorură de cupru în concentraţie de 0,2—0,5%.

Tratarea seminţelor se face prin pudrare, folosind $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$ bine mărunţit, 50—100 g/100 kg sămînţă (M a g n i ţ k i i, 1972).

5.6.4. AGROCHIMIA MANGANULUI

Manganul în plantă. Conţinutul plantelor în mangan variază între 18—180 ppm Mn faţă de substanţa uscată. Boabele de porumb conţin cca 18 ppm Mn, iar cocenii 100 ppm Mn faţă de substanţa uscată. Un conţinut foarte ridicat, de 180 ppm Mn, se găseşte în frunzele verzi de sfeclă de zahăr. În mod normal, manganul se găseşte în cantităţi mai mici în organele de fructificare şi mai ridicat în celelalte organe.

Rolul fiziologic al manganului este strîns legat de activitatea a numeroase enzime din plante: oxidaze, dehidrogenaze şi decarboxilaze. Datorită capacităţii de a transfera electroni prin schimbările reversibile de valenţă pe care le suferă, manganul participă la reacţii de oxidoreducere. Astfel, în absenţa manganului încetează activitatea sistemului enzimatic ce produce reducerea ionilor NO_3, aceştia se acumulează în sucul celular, scăzînd sinteza compuşilor organici cu azot. Man-

Scanned with OKEN Scanner

ganul ia parte la procesele fiziologice ce catalizează trecerea cationilor de Fe^{2+} în Fe^{3+}; dacă există un exces de mangan, se produce insolubilizarea ferului sub formă trivalentă. Are rol în procesul de fotosinteză, participînd la reacţia de scindare a moleculei de apă în oxigen, hidrogen şi electroni, printr-un sistem redox.

Insuficienţa manganului are efect negativ în procesele de sinteză a glucidelor şi protidelor (R u h l a n d , 1958).

Manganul în sol. Rezervele în Mn total ale solurilor din România sînt foarte mari, variind între 194—1 744 ppm, forma accesibilă plantelor fiind între 15—240 ppm (B ă j e s c u şi C h i r i a c , 1984).

În condiţiile solurilor bine drenate, forma de mangan accesibil plantelor se găseşte în cantităţi mai mari în orizontul cu humus decît în celelalte orizonturi. De asemenea, se găseşte în cantităţi mai mari în solurile argiloase decît în cele nisipoase. Importanţa argilei în variaţia conţinutului de mangan total şi activ a fost menţionată de mulţi autori (R a n h a w e şi colab., 1961). Valorile cele mai scăzute de mangan se întîlnesc în psamosoluri, luvisoluri albice bine drenate, iar cele mai ridicate se întîlnesc în litosoluri şi solurile turbogleice (84—813 ppm).

Manganul se întîlneşte în soluri în trei stări de valenţă: divalent (Mn^{2+}), adică în stare de adsorbţie la particulele coloidale sau în soluţia solului; trivalent (Mn^{3+}), sub formă oxidată, Mn_2O_3; tetravalent (Mn^{4+}) adică în stare inertă, sub formă de oxizi (MnO_2). În funcţie de starea de valenţă şi de natura compuşilor din sol, pot fi separate următoarele forme de mangan:

— *Mn în structura unor silicaţi feromagnezieni şi în minerale argiloase,* unde substituie izomorf Mg^{2+} şi Fe^{2+} din minerale ca hornblenda, augitul şi altele, precum şi în argile unde substituie Al^{3+} din octaedri.

— *Oxizi şi hidroxizi,* care sînt prezenţi în stare cristalină sau amorfă sau sub formă de pelicule ce acoperă feţele structurale ale particulelor de sol. Ei pot fi reprezentaţi prin: braunit ($3\,Mn_2O_3MnSiO_3$); manganosit (MnO); pirolusit (MnO_2); manganitul $MnO(OH)$ şi altele. Oxizii şi hidroxizii de mangan au capacitatea de a reţine ionii. Această proprietate, ca de altfel şi solubilitatea lor, depinde de *p*H. Valorile *p*H scăzute favorizează solubilitatea manganului, iar la valorile neutre este favorizată precipitarea manganului în forme insolubile.

— *Manganul schimbabil,* reţinut de coloizii minerali şi organici.

— *Manganul din soluţia solului,* în stare de ioni divalenţi, este utilizabil imediat de către plante.

Forma de Mn schimbabil poate fi extrasă prin tratarea solului cu o soluţie de acetat de amoniu. Forma uşor accesibilă plantelor, aşa-numitul Mn activ, este dată de Mn solubil în apă, Mn schimbabil, şi o fracţiune de oxizi de Mn, ce pot fi solubilizaţi de soluţia 1 *n* de acetat de amoniu, în care s-a adăugat hidrochinonă ca agent reducător (Mn uşor reductibil).

Formele de mangan din sol se găsesc într-un permanent echilibru, una din forme putînd trece parţial în celelalte conform schemei:

$$\underset{\text{solubil în apă}}{Mn^{2+}} \rightleftharpoons \underset{\text{schimbabil}}{Mn^{2+}} \rightleftharpoons \underset{\text{uşor oxidabil şi uşor reductibil}}{Mn(OH)_2} \rightleftharpoons \underset{\text{inert, insolubil}}{MnO_2}$$

Cînd potenţialul redox al solului este scăzut, ca în cazul solurilor saturate în apă, conţinutul solului în mangan solubil şi schimbabil creşte. Materia organică bogată în glucide, în timpul descompunerii de către microorganisme, care folosesc cantităţi mari de O_2, favorizează reducerea formelor oxidate de mangan insolubil, transformîndu-le în forme mai puţin oxidate, cu solubilitate ridicată. De aceea, încorporarea în sol a unor cantităţi mari de gunoi de grajd duce la creşterea conţinutului solului în mangan activ.

Solurile acide au un conţinut relativ ridicat de mangan activ, din care cauză adesea prezintă o acţiune toxică asupra plantelor. Prin administrarea de amenda-

mente, acțiunea toxică a excesului de Mn^{2+} este anulată. Cînd se aplică îngrășăminte cu fosfor, manganul poate constitui, în solurile acide, un factor de insolubilizare a fosfaților ușor solubili. În solurile cu reacție neutră sau bazică, bine aerisite, conținutul solului în mangan activ este scăzut deoarece, în aceste condiții, manganul redus trece ușor în forma mai oxidată, insolubilă în apă:

$$2\,Mn(OH)_2 + O_2 = 2\,MnO_2 + 2H_2O$$

În funcție de conținutul solului în mangan activ, s-au stabilit limite sub care este posibilă apariția carențelor (tabelul 5.31).

Tabelul 5.31

Valori limită ale conținutului de Mn activ din sol (ppm) sub care sînt posibile insuficiențe în nutriția plantelor, funcție de *p*-H-ul solului (după Schachtschabel)

pH_{KCl}	5,8—5,9	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0
ppm, Mn	15	25	30	40	50	60	70

Insuficiența în mangan se constată frecvent pe soluri bazice, pe cele tratate cu amendamente calcaroase și pe cele nisipoase.

În solurile tratate cu amendamente, inactivarea manganului divalent se datorește prezenței ionilor de OH^-:

$$Mn^{2+} + 2\,OH^- \rightarrow Mn(OH)_2$$

$$2Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2\,MnO_2 + 2\,H_2O$$

În solurile nisipoase, manganul este pe de o parte levigat în straturile mai adînci, pe de altă parte se depune sub formă de pelicule insolubile în jurul granulelor care reține manganul sub formă inaccesibilă plantelor. De aceea, insuficiența manganului se manifestă în mod curent pe soluri nisipoase.

Aplicarea și eficiența îngrășămintelor cu mangan. Combaterea insuficienței de Mn în nutriția plantelor se poate face prin aplicarea de îngrășăminte, în sol sau prin stropiri foliare; se folosesc în acest scop următoarele îngrășăminte:

Sulfatul de mangan, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, sare sub formă de cristale albe-roz, slab higroscopice și slab aglomerabile, conține 24% Mn și este solubil în apă (64 g/100 ml apă). Se poate aplica pe toate tipurile de sol, singur sau în amestec cu alte îngrășăminte, precum și extraradicular sau prin umectarea semințelor. Sulfatul de mangan monohidrat ($MnSO_4 \cdot H_2O$) conține 32% Mn, iar sulfatul de mangan heptahidrat ($MnSO_4 \cdot 7\,H_2O$) conține 20% Mn.

Clorura de mangan, $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, se prezintă sub formă de cristale albe ușor solubile în apă (150 g/100 ml la 8°C), conține 27% Mn.

Dioxidul de mangan, MnO_2, are aspect metalic, opac, de culoare albă-cenușie. Ca minereu are culcare neagră. Este insolubil în apă. Conține 63% Mn. Se utilizează sub formă fin măcinată.

Nămolul de mangan este un deșeu de la flotația minereurilor de mangan care urmărește creșterea concentrației minereurilor în mangan. Se prezintă sub formă de praf de culcare cenușie-închis, fără miros. Conține 9—15% MnO, cea mai mare parte sub formă de piroluzită (MnO_2) și braunit (Mn_2O_3). În afară de mangan, nămolul mai conține 7—9% sesquioxizi, 6—8% MgO, 15—16% CaO, 24—28% SiO_2 și cantități mici de bor, fosfor și alte elemente.

Superfosfatul cu mangan se prezintă sub formă granulată la care, înainte de granulare, s-a adăugat 10—15% nămol de mangan. Conține 18—18,7% P_2O_5

Scanned with OKEN Scanner

și 1,5—2,5% Mn. Prin administrarea dozelor obișnuite de superfosfat, plantele sînt asigurate și cu necesarul de mangan.

Chelatul de mangan se prezintă sub forma unei pulberi brune-deschise. Este solubil în apă. Conține 12% Mn. Se utilizează în stropiri.

Zgura lui Thomas conține mangan în cantitate de 2—4% MnO. Este insolubil. Pentru a asigura 1 kg de mangan sînt necesare 25—50 kg zgură.

Eficiența îngrășămintelor cu Mn depinde de condițiile de sol, de plantă, de stadiul de dezvoltare și de forma de îngrășămînt utilizată.

Pe solurile carbonatate nisipoase, pe psamosoluri, lăcoviști, soluri turboase, aplicarea îngrășămintelor cu Mn are un efect mai ridicat. De asemenea, efectul depinde de pierderile ce au loc prin spălare, prin exportul cu recoltele și prin aplicarea îngrășămintelor cu Mn, minerale sau organice, folosite în mod curent.

Mobilitatea manganului crește prin aplicarea îngrășămintelor cu potasiu, a sulfatului de amoniu, a clorurii de amoniu și a altor îngrășăminte cu reacție potențial acidă. În cazul administrării îngrășămintelor organice, prin acțiunea lor reducătoare se mărește conținutul de mangan accesibil plantelor.

Pentru majoritatea plantelor, conținutul solului în mangan activ nu trebuie să fie mai mic de 10—15 ppm Mn și nici mai mare de 70 ppm.

În perioadele de secetă prelungită, eficiența îngrășămintelor cu mangan aplicate solului este redusă.

În funcție de sensibilitatea la insuficiența de Mn, speciile de plante se clasifică astfel:

— *foarte sensibile la insuficiența manganului:* ovăzul, orzul, grîul, plantele din pajiști naturale, fasolea, soia, prazul, castraveții, dovleacul;

— *sensibile la insuficiența manganului:* inul, bumbacul, porumbul, spanacul, cartoful, mazărea, sfecla de zahăr, mărul, piersicul, vișinul, vița de vie;

— *puțin sensibile la insuficiența manganului:* cînepa, tomatele, sfecla de nutreț, salata, morcovii.

La prognozarea eficienței îngrășămintelor cu mangan se ține seama și de analiza foliară a plantelor.

Dozele de îngrășăminte folosite variază funcție de factorii care concură la crearea insuficienței de mangan. În cazul unei insuficiențe severe se aplică 5—40 kg Mn/ha (Mortvedt și Cunningham, 1971). Nămolul de mangan se aplică în doze de 300—400 kg/ha. Acolo unde este pericolul fixării puternice a manganului în sol (soluri minerale și organice, acide supraamendate, carbonatate), se recomandă fertilizarea foliară, utilizînd circa 3—6 kg $MnSO_4 \cdot 4H_2O$/ha în concentrație de 0,5—1% (500—600 l soluție/ha). Un efect pozitiv în combaterea insuficiențelor de mangan în nutriția plantelor îl au fungicidele ce conțin mangan, cum sînt Manebul (20% Mn) și Mancozebul (16% Mn) ce se folosesc pentru tratamente anticriptogamice în pomicultură și viticultură.

Îngrășămintele cu mangan se pot aplica prin împrăștiere pe sol, acolo unde nu există pericolul fixării Mn în forme insolubile, după care se încorporează în sol prin lucrări. Dacă există pericolul insolubilizării Mn, aplicarea îngrășămîntului se face în benzi, în doze de 5—10 kg Mn/ha în amestec cu $(NH_4)_2SO_4$, pentru a întîrzia retrogradarea lui. Oxidul de mangan (MnO), fin mărunțit, se aplică, de asemenea, în benzi împreună cu îngrășăminte avînd reacție potențial acidă (Knezek și Ellis, 1980).

La pomii fructiferi se aplică 0,2—0,4 kg nămol de mangan la fiecare pom, cu îngrășăminte organice.

Administrarea extraradiculară la sfecla de zahăr, porumb, cartof se face cu soluții de 0,05—0,1% $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, cîte 500—700 l/ha efectuîndu-se cîte 2—3 stropiri la începutul perioadei de vegetație, cînd apar primele simptome ale lipsei de mangan.

Chelații cu Mn (exemplu, Mn—EDTA) se folosesc pentru stropirea pomilor, în concentrații de 1%. Aceștia nu se aplică în sol deoarece disociază ușor, Mn eli-

Scanned with OKEN Scanner

berat trece în forme inaccesibile, iar EDTA se combină cu Fe, mărind raportul Fe/Mn din plantă (K n e z e k, G r e i n e r t, 1971).

În U.R.S.S. se folosește umectarea semințelor cu soluții de concentrații 0,05—0,1% $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, în cantitate de 8—10 l/100 kg sămînță.

În cuburi nutritive, sulfatul de mangan se adaugă în cantitate de 0,5—1,5 g/m³ amestec nutritiv.

Nevoia aplicării îngrășămintelor cu Mn scade în verile răcoroase și cu precipitații abundente deoarece, în asemenea condiții, se intensifică procesele de reducere a Mn din sol, care devine ușor accesibil plantelor.

5.6.5. AGROCHIMIA MOLIBDENULUI

Molibdenul în plantă. Conținutul plantelor în molibden este, în general, mai scăzut comparativ cu al celorlalte microelemente, variind între 0,16—1,97 ppm Mo, față de substanța uscată. Limitele de variație sînt foarte largi, chiar la aceeași specie de plantă. Semințele conțin foarte mult molibden; de aceea conținutul semințelor în Mo poate constitui un criteriu de prognozare a insuficienței. La mazăre, un conținut de peste 0,65 ppm Mo demonstrează o aprovizionare satisfăcătoare, iar la soia nivelul critic este de 1,6 ppm (L a v y și B a r b e r, 1963). Sămînța de porumb trebuie să conțină peste 0,08 ppm ca să asigure o nutriție corespunzătoare pentru plantă după germinare, la un conținut mai scăzut de 0,02 ppm fiind posibilă apariția insuficienței.

Datorită însușirii de a suferi schimbări reversibile de valență ($Mo^{5+} \rightleftharpoons Mo^{6+} + e^-$) Mo poate acționa ca transportor de electroni. Este component al unor enzime din plante ca nitrogenaza, nitratreductaza și aldehidoxidaza. Nitratreductaza catalizează reducerea NO_3^- la NO_2^-. Prin urmare funcția Mo este strîns legată de metabolismul azotului. Dacă activitatea nitratreductazei este scăzută din cauza insuficienței de molibden, are loc acumularea nitraților în frunze și ca urmare scade sinteza aminoacizilor, a amidelor și a altor compuși organici cu azot.

Nevoia plantelor în Mo depinde de compoziția sursei de azot. Cînd plantele sînt bine aprovizionate cu $N—NH_4^+$, necesitatea în molibden este scăzută. În cazul cînd plantele sînt abundent aprovizionate cu $N—NO_3^-$, necesitatea în Mo crește foarte mult.

Molibdenul influențează sinteza glucidelor, formarea clorofilei și a acidului ascorbic.

În fixarea biologică a N_2 din atmosferă molibdenul are un rol deosebit de important. În prezența lui, fixarea N_2 de către microorganismele din genul *Azotobacter* este activă, crește, de asemenea, numărul nodozităților active pe rădăcinile plantelor leguminoase, sporește activitatea bacteriilor simbiotice *(Rhisobium)*.

Insuficiența de molibden se manifestă pe frunze prin clorozarea spațiului dintre nervuri, urmată de necrozarea rapidă a marginilor limbului, ca rezultat al concentrării nitraților. La frunzele de la bază apar pete necrotice, sub forme de mici bastonașe. În cazuri acute, plantele pierd capacitatea de fructificare, scade numărul de nodozități pe rădăcinile speciilor leguminoase. La conopidă și la alte crucifere, frunzele se deformează sau se încolăcesc în formă de șarpe.

Insuficiență de molibden se întîlnește mai frecvent pe solurile cu reacție acidă, cu *p*H sub 5 și cu conținut mai scăzut de 0,2 ppm Mo.

Molibdenul are efect în combaterea clorozei datorată insuficienței de Fe; totodată el anihilează efectul excesului de Co, Mn, Zn, Cu și Ni.

Excesul de molibden accesibil se manifestă cînd solul conține 0,8—0,9 ppm Mo. Furajele cu conținut excesiv de Mo produc îmbolnăvirea animalelor de așa-numita „molibdenoză", care se manifestă prin diaree, curabilă prin administrarea $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (G h e r g a r u, 1980).

Scanned with OKEN Scanner

Molibdenul în sol. Conținutul în molibden total al solurilor din țara noastră (orizontul superior) este cuprins între 0,22—4,62 ppm, iar cel accesibil plantelor între 0,01— și 0,73 ppm (B ă j e s c u și C h i r i a c , 1984).

Conținuturi sub 1 ppm Mo se întîlnesc în soluri cu structură grosieră, iar conținuturi ridicate se găsesc în cele cu textură argiloasă și bogate în humus. Molibdenul accesibil (extractibil cu soluție de acid oxalic — oxalat de amoniu la *p*H 3,3) se găsește în cantități mai scăzute în cernoziomuri și cernoziomuri cambice și mai ridicate în luvisoluri albice și planosoluri, soluri acide (0,10—0,28 ppm). De asemenea, s-au constatat conținuturi ridicate de Mo accesibil plantelor (0,34—0,37 ppm) în soluri saline.

Formele sub care se găsește molibdenul în sol sînt următoarele:

— *Inclus în mineralele primare* ca molibdați ai metalelor grele, insolubile: feromolibdenită $Fe_2(MoO_4)_3 \cdot 8H_2O$; wulfenită, $PbMoO_4$; și powellită, $CaMoO_4$, sau sub formă de sulfură de molibden, MoS_2;

— *Inclus în minerale argiloase*, unde substituie izomorf ionul Al^{3+};

— *Sub formă schimbabilă*, reprezentată prin anionii MoO_4^{2-}, care au o comportare similară anionilor de PO_4^{3-} și SO_4^{2-}, fiind adsorbiți de coloizii solului. Adsorbția anionului MoO_4^{2-} se realizează, de obicei, prin schimb cu grupările OH^- de la particulele coloidale sau prin formarea de legături covalente. Adsorbția anionului MoO_4^{2-} este puternic influențată de *p*H, maximum de adsorbție fiind la *p*H 4 și minimum de adsorbție la *p*H 6—7 (R e i s e n a u e r, 1967).

Anionul MoO_4^{2-} este reținut și de hidroxizii amorfi ai ferului și aluminiului sub formă greu schimbabilă și greu accesibilă plantelor. Adsorbția MoO_4^{2-} de către $Fe(OH)_3$ are loc la valori *p*H sub punctul lor izoelectric (pH 5), fiind maximă la *p*H 4, la *p*H 6 scade rapid iar la *p*H 8 — este nulă.

— *Sub formă solubilă în soluția solului* se găsește în cantități foarte scăzute (sub 1% din rezerva totală). La valori *p*H mai mici de 5 predomină sub forma ionului $HMoO_4^-$, iar la valori *p*H mai mari de 5, sub forma de MoO_4^{2-}. Formele solubile sînt reprezentate de sărurile acidului molibdenic cu ionii: NH_4^+, Na^+, K^+, Cu^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}.

— *Sub formă de complecși organici* cu alcooli, fenoli, acizi organici monobazici aromatici cu grupe hidroxil în poziția *para*, formează complecși cu diferite grade de solubilitate și accesibilitate pentru plante (F l e m i n g , 1980).

Molibdenul accesibil pentru plante este cel ușor schimbabil sau solubilizabil cu o parte din complecșii organici. Accesibilitatea lui depinde într-o măsură importantă de reacția solului, așa cum s-a arătat înainte, și de regimul lui fosfatic.

În solurile acide, din cauza prezenței ionilor liberi de Al^{3+}, Fe^{2+} și $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, mobilitatea molibdenului scade. Prin micșorarea acidității, cu ajutorul amendamentelor, și prin îmbunătățirea regimului fosfatic accesibilitatea molibdenului pentru plante crește. Aprecierea aprovizionării solurilor cu molibden accesibil plantelor se poate face folosind limitele de interpretare din tabelul 5.32.

Tabelul 5.32

Limite de apreciere privind aprovizionarea solurilor cu molibden accesibil plantelor (ppm Mo)

Nivelul de aprovizionare	*p*H-ul solului dozat în soluție de KCl 0,1 *n*				Indice de Mo (după M ü l l e r și colab.)
	3	5	6	7	
Scăzut	<0,05	<0,04	<0,03	<0,02	6,2
Mijlociu	0,06—0,20	0,05—0,16	0,04—0,07	0,03	6,3—8,2
Normal	0,21—0,30	0,17—0,22	0,08—0,12	0,04—0,07	8,3
Ridicat	>0,30	>0,22	>0,12	>0,07	—

Scanned with OKEN Scanner

Sporuri de recoltă se obţin atunci cînd molibdenul se aplică la leguminoase, iar la celelalte specii cînd solurile conţin sub 0,3 ppm Mo.

Aplicarea şi eficienţa îngrăşămintelor cu molibden. Pentru combaterea carenţelor, se foloseşte un sortiment larg de îngrăşăminte cu molibden. *Paramolibdatul de amoniu*, $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, sare albă ce conţine 54% Mo, uşor solubilă în apă, nehigroscopică. Se aplică în amestec cu alte îngrăşăminte înainte de însămînţare sau prin stropiri foliare.

Molibdatul de sodiu, $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$, sare cristalină ce conţine 39% Mo, solubilă în apă, se aplică în sol în amestec cu îngrăşăminte ce conţin macroelemente. De asemenea, se utilizează în stropiri foliare şi în umectarea seminţelor.

Molibdat dublu de amoniu şi sodiu, $(NH_4)_2MoO_4 \cdot Na_2MoO_4$, sare de culoare albă-gălbuie ce conţine 30% Mo. Este uşor solubilă în apă, neaglomerabilă. Se utilizează la fel ca precedentele.

Trioxidul de molibden, MoO_3, se obţine din calcinarea minereurilor cu molibden. Este un produs cristalizat cu solubilitate foarte scăzută în apă (0,4 g/l apă). Conţine 66% Mo. Se aplică numai în sol, în cantităţi 0,45—0,9 kg/ha.

Nămolul de molibden este un deşeu de flotaţie de la îmbogăţirea minereurilor cu molibden. După uscare, se transformă într-o pulbere de culoare cenuşie ce conţine 3—8% Mo. Se aplică la fertilizarea de bază, în amestec cu alte îngrăşăminte în cantitate de 12—30 kg/ha. Se poate folosi şi la tratarea seminţelor înainte de semănat (0,3—0,5 kg/100 kg sămînţă).

Superfosfatul granulat cu molibden reprezintă un amestec de superfosfat cu o sare de molibden. Seamănă, ca aspect, cu superfosfatul granulat. Conţine circa 0,2% Mo. Este un îngrăşămînt valoros pentru speciile leguminoase şi pomii fructiferi. Atît Mo cît şi P au acţiune sinergetică asupra creşterii şi dezvoltării plantelor.

Efectul îngrăşămintelor cu Mo se manifestă evident pe solurile acide cu pH sub 5,2, uneori efectul său manifestîndu-se şi pe solurile cu reacţie neutră sau slab alcalină dacă acestea sînt sărace în coloizi organici şi minerali, cu textură nisipoasă sau nisipo-lutoasă. În general, cu cît pH-ul solului este mai scăzut, cu atît conţinutul de molibden din sol trebuie să fie mai ridicat, pentru ca plantele să fie bine asigurate.

Nivelul critic al Mo accesibil plantelor este de 0,1 ppm la pH 6 (F l e m i n g, 1980). La pH cuprins între 6,2—8,2 reacţia plantelor la fertilizarea cu Mo este nesigură, fiind dependentă de alţi factori.

M ü l l e r şi colab. (1964) au propus o formulă denumită „indice de molibden" sau „cifră de molibden", cu ajutorul căreia se stabileşte nivelul de aprovizionare a solului cu molibden şi se prognozează eficienţa aplicării îngrăşămintelor cu molibden:

$$\text{Indicele Mo} = pH_{KCl} + (10 \times \text{ppm Mo}). \qquad (5.1)$$

La soluri cu indicele Mo sub 6,2, plantele reacţionează la aplicarea Mo. La valori ale indicelui de Mo peste 8,3, plantele nu reacţionează la aplicarea îngrăşămintelor cu acest element (vezi tabelul 5.32).

Conopida, care este foarte sensibilă la insuficienţa de Mo, răspunde la aplicarea acestuia ca îngrăşămînt şi în cazul indicelui molibden 8,3, pe cînd alte plante nu răspund.

Faţă de fertilizarea cu Mo, plantele de cultură reacţionează diferit, în funcţie de particularităţile lor fiziologice şi de nutriţia cu azot şi fosfor. S-a constatat că unele plante reacţionează la fertilizarea cu azot numai în prezenţa molibdenului (D o n a l d şi P r e s c o t t, 1975).

În funcţie de cerinţele faţă de molibden şi de reacţia lor după aplicarea îngrăşămintelor cu Mo, plantele se clasifică astfel:

— *foarte sensibile la insuficienţa de Mo:* varza de Bruxelles, mazărea, bobul, măzărichea, lupinul, trifoiul, lucerna şi altele.

Scanned with OKEN Scanner

— *sensibile la insuficiența de Mo:* conopida, salata, spanacul, tomatele, sfecla roșie, țelina, varza și altele.

— *moderat sensibile la insuficiența de Mo:* inul, sfecla de zahăr, hameiul și altele.

— *puțin sensibile la insuficiența de Mo:* porumbul, orzul, ovăzul, secara, grîul, sorgul, rapița etc.

Dozele de îngrășămînt variază între 1—4 kg $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ sau $(NH_4)_2MoO_4 \cdot 2H_2O$, aplicate la fiecare 2—4 ani. În anii secetoși, eficiența îngrășămintelor cu molibden este mai ridicată decît în cei ploioși (P r a u s s e și G ü n t h e r , 1968). Astfel de doze se aplică pe soluri acide, bogate în Fe și tratate cu amendamente. În general, dozele de Mo sînt de 150—200 g Mo/ha, încorporate împreună cu îngrășăminte ce conțin fosfor.

Pentru stropiri foliare se folosesc soluții cu concentrație 0,01—0,05% $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ sau $(NH_4)_2MoO_4 \cdot 2H_2O$, folosind 300—600 l soluție/hectar.

La tratarea semințelor prin umectare se folosesc soluții cu concentrație de 0,05—0,1%, sare de sodiu sau de amoniu a acidului molibdenic, socotind 2—5 l/100 kg sămînță.

Aplicarea foliară se poate face concomitent cu aplicarea stropirilor împotriva bolilor și dăunătorilor. Se efectuează două sau mai multe stropiri.

Cînd se folosește pudrarea semințelor, se utilizează 100 g $(NH_4)_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ în amestec cu talc pentru cantitatea de sămînță folosită la hectar.

5.6.6. AGROCHIMIA ZINCULUI

Zincul în plantă. Rolul zincului în viața plantelor este deosebit de important, deși se găsește în cantități foarte scăzute. Conținutul lui în plante variază de la o specie la alta, în funcție de condițiile de sol și de climă. Conținutul cel mai scăzut se află la cereale (13,22 ppm Zn în sămînță), un conținut mai ridicat fiind în salată, usturoi, frunze de lucernă, soia, unde atinge valori de 100 ppm Zn față de substanța uscată. Frunzele conțin: la porumb între 31—36 ppm Zn; la tomate 8—13 ppm Zn; la măr 54—80 ppm Zn; la piersic în jur de 15 ppm Zn (C h a p m a n , 1966).

Cantitatea de Zn extras anual de plantele cultivate variază între 50—190 g Zn/ha (K a t a l î m o v , 1977).

Zincul intră în compoziția unor enzime cum este carboanhidraza, cu rol în procesele de respirație. El face parte din exopeptidaze, din glutamat și lactatdehidrogenaze. Ionii de zinc leagă partea adenin a pridin-nucleotidelor cu albuminele alcooldehidrogenazelor. Substanțele care fixează zincul produc inactivarea acestei enzime, iar ca rezultat se reduce intensitatea de fotosinteză și de respirație. Zincul intensifică activitatea fosfatazei, a aldolazei, a enolazei și a citocromreductazei.

Zincul este necesar pentru sinteza acizilor ribonucleici, la formarea proteinelor, a cloroplastelor, avînd importanță deosebită în regimul fosfatic al plantelor (M e n g e l , 1968).

Insuficiența zincului produce inhibarea puternică a sintezei triptofanului. Din triptofan, pe cale fermentativă, se formează acidul indolilacetic. Prin urmare, în condițiile insuficienței zincului scade formarea substanțelor stimulatoare de creștere. Plantele insuficient asigurate cu zinc conțin cantități ridicate de glucide reducătoare. Insuficiența zincului duce la acumularea produșilor de descompunere a glucidelor și a protidelor incomplet oxidate.

Zincul are efect pozitiv în formarea vitaminelor C și P, în formarea clorofilei și în fructificare.

Insuficiența de zinc se întîlnește frecvent la porumb cultivat pe solurile carbonatice, fiind accentuată de dozele mari de îngrășăminte cu fosfor. Se manifestă prin clorozarea spațiului dintre nervuri sub formă de benzi albicioase de o parte și alta a nervurii principale, cînd plantele au 4—5 frunze. La soia și fasole, se produce clo-

Scanned with OKEN Scanner

rozarea spațiului dintre nervuri (de la verde deschis la galben), urmată de necrozarea țesuturilor. Creșterea, înflorirea și maturarea plantelor întîrzie.

La vița de vie frunzele au margini neregulate, spațiul dintre nervuri decolorat, lăstari cu internoduri scurte, boabele rămîn mici și în număr scăzut pe ciorchini.

La pomii fructiferi insuficiența se manifestă prin frunze mici și tari, cu margini răsucite, așezate pe lăstar în „rozetă".

Frunzele plantelor deficitare în zinc conțin 15—20 ppm Zn. La porumb, soia, fasole, piersic conținutul frunzelor deficitare în zinc este de 15 ppm Zn (B ă j e s c u și colab., 1977).

Toxicitatea zincului se constată pe solurile acide (*p*H sub 5,7). Simptomele vizuale ale excesului de zinc sînt nespecifice, fiind asemănătoare cu cele provocate de excesul de fosfor, fer și mangan. Toxicitatea zincului apare cînd frunzele conțin 300—500 ppm Zn (E l l i o t , 1977).

Zincul în sol. Orizontul superior al solurilor cu folosință agricolă din țara noastră conține 11—100 ppm Zn total, iar forma extrasă cu HCl 1 *n* variază între 0,4—9,4 ppm (B ă j e s c u și C h i r i a c , 1984). Psamosolurile sînt cele mai sărace în Zn total (sub 20 ppm), iar cernoziomurile cambice și solurile brun-roșcate, bogate în argilă și humus, sau cel mai ridicat conținut (97 ppm). Există o strînsă corelație între conținutul solului în humus și cel de zinc.

Conținutul de zinc extractibil în HCl 1 *n*, considerat accesibil plantelor, depinde în mare măsură de reacția solului și de rezerva totală. Un conținut scăzut de zinc accesibil se găsește în solurile acide cu *p*H 4 și în cele cu *p*H peste 8. Valori maxime se întîlnesc la *p*H 6,4. Prin urmare, pe solurile cu *p*H scăzut, ca de exemplu psamosoluri, brune luvice, luvisoluri albice, precum și în solurile bogate în carbonați, în fosfor și cu *p*H peste 8, Zn accesibil plantelor se găsește în cantități scăzute. În solurile cernoziomice, cambice, cenușii cu *p*H apropiat de cel neutru zincul se găsește în cantități relativ ridicate.

Formele de zinc din sol sînt următoarele:

Zincul în minerale primare insolubile, greu alterabile, ca willemita, Zn_2SiO_4; hemimorfita $Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2 \cdot H_2O$ și minerale ușor alterabile ca: sfaleritul (blenda), ZnS; zincitul, ZnO; smithonita, $ZnCO_3$; olivina, augitul, biotitul și altele.

Zincul din tetraedrii și octaedrii mineralelor argiloase substituie izomorf Al, Fe și Mg.

Zincul oclus (din oxizi hidratați de Fe și Mn*)*, care formează pelicule la suprafața mineralelor argiloase sau concrețiuni.

Zincul precipitat sub formă de zincați se formează din $Zn(OH)_2$ în solurile cu *p*H peste 7,6, bogate în calciu:

$$Zn(OH)_2 + HO^- \longrightarrow [Zn(OH)_3]^-$$

$$2[Zn(OH)_3]^- + Ca^{2+} \longrightarrow Ca[Zn(OH)_3]_2.$$

Carbonatul de calciu dă naștere, cu compuși solubili ai zincului, la precipitate insolubile.

Zinc adsorbit de coloizii organici și anorganici. Adsorbția are loc sub formă ionică, în principal ca Zn^{2+}, sau sub formă monovalentă, $Zn(OH)^+$ și $ZnCl^+$.

Zinc sub formă de compuși organici. Cu acizii huminici și fulvici formează complecși stabili greu solubili în apă, iar cu acizii organici cu moleculă mică formează complecși stabili ușor solubili în apă. Complecșii zincului cu substanțele organice au stabilitate cu atît mai mare cu cît *p*H-ul solului este mai ridicat (S t e v e n s o n și A r d a k a n i , 1972).

Zinc solubil în soluția solului se găsește sub formă ionică, Zn^{2+}, $Zn(OH)^+$, complecși organici cu zinc solubili. Concentrația acestora în soluția solului este extrem de scăzută. Între forma de zinc solubil și forma de zinc adsorbită există o stare de echilibru. În solurile acide activitatea ionilor de zinc este mult mai intensă decît

Scanned with OKEN Scanner

în solurile neutre şi alcaline, unde mobilitatea lui este scăzută datorită reţinerii puternice a ionilor la coloizi şi trecerii în combinaţii practic insolubile.

Starea de aprovizionare a solului cu zinc se apreciază în funcţie de forma solubilă în HCl 0,1 *n* şi de alcalinitatea titrabilă a solului (tabelul 5.33). După cum se observă din tabel, conţinutul optim de zinc solubil va fi întotdeauna mai ridicat în solurile alcaline.

Tabelul 5.33

Limite de interpretare privind asigurarea solului cu zinc solubil, în ppm Zn (N e l s i n, 1959)

Gradul de aprovizionare	Soluri necarbonatice, ppm Zn					Soluri carbonatice, ppm Zn					
	Alcalinitatea titrabilă, ml/100 g sol										
	2	2—4	4—6	6—8	>8	20	21—50	51—80	81—110	111—140	>141
Scăzut	1	1,7	2,9	4,4	5,9	1,4	2,0	4,0	6,0	8,0	9,0
Normal	1	1,8	3,0	4,5	6,0	1,5	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0
Ridicat	1,1	1,9	3,1	4,6	6,1	1,6	4,0	6,0	8,0	10,0	11,0

Aplicarea şi eficienţa îngrăşămintelor cu zinc. Drept îngrăşăminte cu zinc se pot folosi: sulfatul de zinc, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, sare albă, solubilă în apă, ce conţine 23% Zn; sulfatul bazic de zinc, $ZnSO_4 \cdot 4Zn(OH)_2$, care conţine 55% Zn; oxidul de zinc, ZnO, pulbere cenuşie sau albă cînd este în stare pură, cu solubilitate scăzută în apă, ce conţine 78% Zn; carbonatul de zinc, $ZnCO_3$, greu solubil în apă, conţine 52% Zn; sulfura de zinc, ZnS, un precipitat greu solubil în apă dar uşor solubil în acizi tari, conţine 67% Zn; fosfatul trizinc, $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$, greu solubil în apă dar accesibil plantelor, cu 51% Zn; superfosfatul cu zinc, avînd între 0,8—1% Zn, se livrează în stare granulată; nămolul ce rezultă din procesul tehnologic de fabricare a clorurii de zinc, o pulbere cenuşie ce conţine 15—21% Zn; chelaţii cu zinc de forma $Na_2ZnEDTA$ cu 14% Zn sau NaZnH [EDTA] cu 9% Zn, se prezintă sub formă de pulberi de culoare albă, utilizabili în primul rînd pentru stropiri foliare. După aplicare în solul calcaros, zincul din compuşii chelatici poate suferi un proces de inactivare prin imobilizare sub formă de zincat de calciu.

În cazul aplicării îngrăşămintelor la sol, Institutul de Cercetări pentru Pedologie şi Agrochimie din Bucureşti recomandă stabilirea dozei ce se aplică, cu ajutorul relaţiei:

$$\text{Doza de Zn, kg/ha (4—5 ani)} = 10 - 10^{-0,307 \cdot ICZn}. \qquad (5.2)$$

Indicele carenţei de zinc (*ICZn*) din relaţia (5.2) se determină funcţie de conţinutul solului în Zn mobil (*metoda Trierweiler* şi *Lindsay*, 1969), de conţinutul solului în fosfaţi solubili în reactivul acetat-lactat de amoniu (ppm P)şi de factorul de reacţie (*FR*) folosind relaţia:

$$ICZn = \frac{Zn \cdot FR \cdot 100}{P_{AL}} \qquad (5.3)$$

factorul de reacţie depinzînd de *p*H-ul suspensiei apoase a solului şi stabilindu-se cu ajutorul regresiei:

$$FR = (1,3 \cdot pH - 0,11 \cdot pH^2 - 2,82) + (pH - 8,0)\ (0,05 \cdot pH) \qquad (5.4)$$

pentru solurile avînd *p*H peste 8,0, şi cu relaţia:

$$FR = 1,3 \cdot pH - 0,11 \cdot pH^2 - 2,82 \qquad (5.5)$$

pentru solurile avînd *p*H-ul suspensiei apoase sub 8,0.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicate la sol, îngrășămintele cu zinc dau rezultate satisfăcătoare numai pe soluri acide; pe cele carbonatate nu se înlătură carența. Îngrășămintele cu reacție potențial acidă (uree, sulfat de amoniu etc.) intensifică absorbția zincului în plantele cultivate pe soluri carbonatate. Cum s-a menționat mai sus, pe asemenea soluri zincul formează compuși insolubili. De aceea, în asemenea condiții se aplică îngrășăminte foliare, simple sau complexe (vezi subcap. 5.7). Fertilizarea excesivă cu Zn nu este indicată deoarece manifestă efecte secundare negative.

Eficiența aplicării zincului ca îngrășământ depinde de sensibilitatea plantelor la insuficiența acestui element. Din acest punct de vedere se poate face următoarea grupare a speciilor:

— *sensibile la insuficiența de zinc:* porumbul, soia, fasolea, ricinul, inul, hameiul, mărul, piersicul, părul, vița de vie;

— *moderat sensibile la insuficiența de zinc:* cartoful, tomatele, ceapa, trifoiul, lucerna, sfecla de zahăr;

— *puțin sensibile la insuficiența de zinc:* cerealele păioase, ierburile perene, mazărea, ardeiul, morcovul.

Prin aplicarea îngrășămintelor cu zinc se obțin sporuri de 27,6% la trifoi, 31% la ovăz, 16% la măzăriche și 15—30% la porumb (C a l a n c e a , 1977).

Dozele folosite la aplicarea în sol sînt de 2—8 kg $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$/ha. La plante sensibile la insuficiența de zinc se pot folosi 10—12 kg $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$/ha), în funcție de condițiile de sol. Sulfatul de zinc monohidratat și oxidul de zinc se aplică cu 2—3 kg mai puțin decît sulfatul de zinc heptahidratat. La vița de vie se aplică 20—25 kg sulfat de zinc/ha; la livezi se preferă aplicarea sub formă de stropiri, în concentrație de 0,5% sulfat de zinc. Tratamentele se asociază cu cele anticriptogamice. Se folosesc soluții neutralizate cu lapte de var. Stropirile se execută în 2—3 etape. La porumb prima stropire se efectuează cînd planta are 4—5 frunze, cînd se semnalează insuficiența, a doua stropire la 10—12 zile. La fasole se folosesc concentrații de 0,6% sulfat de zinc, în cantități de 500—700 l/ha (D o r n e s c u și colab., 1980).

Pentru tratarea semințelor se folosesc soluții de 0,02—0,03% sulfat de zinc, în cantitate de 8—10 l/100 kg sămînță. În cuiburi nutritive se adaugă 1 g sulfat de zinc/m³ amestec nutritiv.

Tratamentul prin pudrarea semințelor se face cu orice substanțe cu zinc solubil, în amestec cu pudră de talc (200 mg Zn/100 kg sămînță). În condițiile de producție acest procedeu este costisitor.

5.6.7. AGROCHIMIA COBALTULUI

Cobaltul în plantă. Pe soluri normal aprovizionate cu Co, conținutul în plante variază între 0,02—0,05 ppm Co. Plantele leguminoase au un conținut mai ridicat de Co decît gramineele.

Cobaltul este element esențial pentru bacteriile fixatoare de azot. Bacteriile simbiotice folosesc cobaltul pentru sinteza *cobamidei* — o enzimă necesară pentru sinteza leghemoglobinei, care participă la fixarea azotului atmosferic. La un conținut scăzut de Co, lucerna manifestă insuficiență de azot, în pofida faptului că a fost inoculată cu bacterii simbiotice. Introducerea în sol a cobaltului în aceleași condiții experimentale, înlătură „foamea de azot" (C a l a n c e a , 1977).

Plantele leguminoase cu deficit de cobalt conțin circa 0,07 ppm Co (K u b o t a , 1980). Cobaltul în exces manifestă acțiune toxică. În asemenea condiții, un conținut ridicat de Mn și Fe împiedică pătrunderea cobaltului în plantă.

Cobaltul este componentul vitaminei B_{12} (B_{12} conține 4,3% Co). Această vitamină are rol important în hrana animalelor, participînd la sinteza hemoglobinei. Nutrețurile cu un conținut scăzut de Co pot cauza la animale boala numită „hipo-

Scanned with OKEN Scanner

cobaltoză". Un conținut de 0,15 ppm Co în plantele furajere asigură necesitățile de cobalt animalelor rumegătoare.

Exces de cobalt s-a constatat la porumb și fasole, cînd în soluția solului concentrația este 1 ppm Co (O v e r a c h și D h i r a j , 1979). Se manifestă prin clorozarea și necrozarea frunzelor, urmată de uscarea plantei.

Cobaltul în sol. Conținutul total de cobalt din orizontul arat al principalelor soluri din țara noastră este cuprins între 1,5—15,9 ppm, avînd o valoare medie de 6,5 ppm. Conținutul de cobalt accesibil, extractibil în HNO_3 1 *n* este cuprins între 0,8—3,2 ppm, reprezentînd circa 55% din rezerva totală de cobalt (B ă j e s c u și C h i r i a c , 1984).

Conținutul solului în cobalt este strîns legat de condițiile de solificare și de natura rocii parentale. Solurile formate pe roci bazice (serpentin, dunit, peridotit, piroxeni) sînt mai bogate în cobalt decît solurile formate pe roci acide (granit, gnais, șisturi cristaline).

Solurile bălane, brun-roșcate, pseudorendzine și vertisolurile sînt mai bogate (1,5—3 ppm) decît cernoziomurile argilo-iluviale, psamosolurile, solurile brune luvice, luvisolurile albice și planosolurile (sub 1 ppm).

Cobaltul în sol se găsește sub următoarele forme:

— minerale cu cobalt insolubile reprezentate prin cobaltină CoAsS; smaltină $CoAs_2$, linneită Co_3S_4.

— cobalt reținut în minerale argiloase, unde înlocuiește izomorf Mg^{2+} și Fe^{2+} din octaedri de aluminiu.

— cobalt asociat cu oxizi și hidroxizi de fer și mangan.

— cobalt sub formă de complecși organici, unde este reținut sub formă ușor accesibilă, îndeosebi în solurile acide și neutre;

— cobalt sub formă adsorbită la suprafața coloizilor organici și minerali. În solurile acide predomină reținerea sub formă cationică, iar pe soluri alcaline predomină reținerea sub formă hidratată.

— cobalt în soluția solului unde se află în concentrații extrem de scăzute, de 0,007—0,2 micrograme.

Mobilitatea cobaltului este mai mare în solurile acide decît în cele neutre sau alcaline. Interpretarea stării de aprovizionare cu cobalt a solului se poate face prin extracția Co cu soluția 1 *n* de HNO_3 (tabelul 5.34).

Tabelul 5.34

Limitele de interpretare a conținutului solurilor în cobalt extractibil în soluție de HNO_3 1 *n*

Aprovizionarea solului cu Co	Foarte scăzută	Scăzută	Mijlocie	Ridicată	Foarte ridicată
Co, ppm	<0,2	0,2—1,0	1,1—3,0	3,1—5,0	>5,0

Aplicarea îngrășămintelor cu cobalt. La aplicarea Co ca îngrășămînt pot fi folosite următoarele substanțe:

Clorura de cobalt, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$. Este o sare cristalizată în prisme roz strălucitoare. Prin pierderea apei devine roz-violetă. Conține 21% Co.

Clorura anhidră cobaltoasă, $CoCl_2$, de culoare albastră, conține 25% Co.

Azotatul cobaltos, $Co(No_3)_2 \cdot 6H_2O$, cristale roșii-cărămizii, higroscopice, cu 21,9% Co.

Sulfatul de cobalt, $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ are culoare roz-violacee, conține 21% Co.

Eficiența îngrășămintelor cu cobalt este evidentă pe solurile acide și pe cele fertilizate frecvent cu îngrășăminte conținînd NPK lipsite de cobalt. Sporurile de producție sînt, în general, nesemnificative și nu justifică cheltuielile. La aplicarea

Scanned with OKEN Scanner

ca îngrăşămînt, se ia în considerare faptul că îmbunătăţesc calitatea furaje pentru animale.

Efectul îngrăşămintelor cu Co este mai evident la specii cultivate pe soluri sărace în Co, neutre sau alcaline şi pe cele acide tratate cu doze mari de amendamente. În cazul altor specii eficienţa lor este scăzută, în afară de unele excepţii. Astfel, K i r e i (1975), aplicînd doza de 2 kg Co/ha, a obţinut un spor de producţie de 21% la cartof.

Gruparea plantelor în funcţie de necesităţile de cobalt nu s-a făcut pînă în prezent. S-a constatat totuşi că aplicarea îngrăşămintelor cu cobalt în concentraţii de 0,01—0,001 mg/l, intensifică activitatea fiziologică a bacteriilor simbiotice, determinînd o dezvoltare normală a plantelor, mărindu-le rezistenţa la factorii nefavorabili creşterii şi dezvoltării lor (K o l e ş k o şi L î s a k, 1975).

Dozele de Co utilizate la fertilizare variază între 0,1—5 kg Co/ha, în funcţie de condiţiile de sol şi cerinţele plantelor. Frecvent se folosesc doze de 1—2 kg Co/ha la plante furajere. Substanţa se încorporează în sol concomitent cu alte îngrăşăminte, o dată la 3—4 ani.

Pe soluri cu reacţie acidă şi textură nisipoasă, fertilizarea se face anual cu cîte 100—500 g Co/ha (A l l a w a y, 1971).

Pe soluri cu *p*H neutru sau slab alcaline, din cauza imobilizării Co, dozele sînt de 0,5—1 kg Co/ha (R e i t h şi M i t c h e l l, 1964).

În stropirile foliare se folosesc soluţii de sulfat de cobalt în concentraţii de 0,01%.

Pajiştile naturale se pot fertiliza prin stropiri (250 g Co/ha). Cu administrarea îngrăşămintelor organice se introduc în sol cantităţi neînsemnate de cobalt. Astfel, prin aplicarea a 20—40 t gunoi de grajd se încorporează în sol circa 6—13 g Co/ha. Această cantitate nu acoperă necesarul de cobalt pentru plante.

Teste recapitulative

5.6.1. Explicaţi funcţiile biochimice ale microelementelor şi arătaţi simptomele caracteristice în caz de carenţă sau de exces în nutriţia plantelor.
5.6.2. Arătaţi formele chimice sub care se află microelementele în soluri, factorii ce influenţează mobilitatea şi accesibilitatea lor pentru plante.
5.6.3. Explicaţi căile de stabilire a nevoii aplicării microelementelor ca îngrăşăminte în sol sau pe plante şi arătaţi cum se folosesc substanţele destinate acestui scop.

5.7. AGROCHIMIA ÎNGRĂŞĂMINTELOR CU MAI MULTE ELEMENTE ESENŢIALE

Îngrăşămintele ce conţin un singur element nutritiv principal (N, P sau K) se numesc *îngrăşăminte simple.* Industria produce şi îngrăşăminte cu două sau mai multe elemente principale, unele conţinînd şi microelemente (Zn, B, Mo etc.) sau elemente secundare (Mg, Ca şi S). Pentru acestea se folosesc două denumiri cu semnificaţie teoretic diferită, deosebirea practică fiind însă nesemnificativă: *îngrăşămînt complex* şi *îngrăşămînt mixt.*

Îngrăşămîntul complex se obţine din amestecul a două sau mai multe îngrăşăminte simple sau din amestecul de materii prime utilizabile la obţinerea îngrăşămintelor simple, între acestea avînd loc reacţii ce dau naştere la compuşi noi din punct de vedere chimic, care conţin două sau mai multe elemente nutritive principale.

Îngrăşămîntul mixt reprezintă un amestec fizic de două sau mai multe îngrăşăminte, între care nu se produc reacţii ce dau naştere la produşi noi decît în măsură neînsemnată, amestecul conţinînd două sau mai multe elemente esenţiale.

Scanned with OKEN Scanner

Obținerea îngrășămintelor complexe și mixte a fost impusă de considerente de ordin economic. Prin comparație cu îngrășămintele simple, cele complexe și mixte au avantajul unui conținut ridicat de substanță activă la unitatea de masă, cer cheltuieli mai scăzute pentru manipulare, transport și păstrare, au însușiri fizice superioare în ce privește higroscopicitatea și aciditatea potențială, se aplică deodată, în sol sau pe plante, două sau mai multe elemente nutritive esențiale ale căror efecte sînt, de cele mai multe ori, superioare aplicării îngrășămintelor simple. În România, ponderea îngrășămintelor complexe și mixte reprezenta, în 1984, 36% din total NPK din îngrășămintele chimice.

Neajunsul folosirii acestor îngrășăminte este conținutul lor în elementele N, P sau K în proporții fixe, care nu corespund cu nevoile tuturor speciilor de plante, în toate fazele de vegetație și pentru toate tipurile de sol. Această neconcordanță între raportul elementelor nutritive din îngrășămînt și raporturile ce trebuie aplicate în sol sau foliar pentru nutriția echilibrată a plantelor se poate corecta prin utilizarea de îngrășăminte simple, cu ajutorul cărora se stabilește raportul dorit.

Îngrășămintele cu mai multe elemente esențiale sînt numite și *îngrășăminte compuse* (Moldovan și colab., 1969; Calistru și colab., 1984 etc.).

Îngrășămintele compuse se pot clasifica după criteriile din tabelul 5.35.

Tabelul 5.35

Clasificarea îngrășămintelor complexe și mixte

Criteriul de clasificare	Tipuri și sortimente de îngrășăminte
Numărul elementelor nutritive pe care le conțin (criteriul clasic)	— *Binare*, conțin două elemente nutritive principale (NP; NK; PK etc.); — *Ternare*, conțin trei elemente nutritive principale (NPK, NPMg etc.); — Cu macro- și microelemente. Sortimentele se deosebesc între ele prin raportul între elementele nutritive pe care le conțin ($N:P_2O_5:K_2O$) și prin conținutul de substanță activă. Exemplu, un îngrășămînt în care raportul $N:P_2O_5:K_2O = 1:1:1$, conținutul de substanță activă (% din greutate) poate fi 12—12—12 sau 14—14—14, ceea ce înseamnă că în primul caz îngrășămîntul conține 36% s.a., iar în al doilea conține 42%. La raportul $N:P_2O_5:K_2O = 1:1:0$, conținutul de substanță activă poate fi 20—20—0 (adică nu conține potasiu) etc.
Starea fizică de comercializare	— Îngrășăminte complexe sau mixte solide; — Îngrășăminte complexe sau mixte lichide; — Îngrășăminte complexe sau mixte sub formă de soluții și suspensii în apă.
Componentul chimic principal și modul industrial de obținere	— Îngrășăminte complexe solide: superfosfat amonizat; ortofosfați de amoniu și îngrășăminte pe bază de ortofosfați de amoniu; fosfatul de uree; polifosfații de amoniu, de calciu și de potasiu; metafosfatul de potasiu; azotatul de potasiu; nitrofosfații și îngrășăminte pe bază de nitrofosfați; fosfatul amoniaco-magnezian. — Îngrășăminte complexe lichide. — Îngrășăminte complexe sub formă de suspensii. — Îngrășăminte mixte solide. — Îngrășăminte ionitice (organo-minerale).

În literatură (Katalimov și colab., 1960; Peterburgski, 1971; Moldovan și colab., 1962; Calistru și colab., 1984 etc.) se folosesc și denumiri comerciale ale îngrășămintelor cu mai multe elemente: amofos sau monoa-

Scanned with OKEN Scanner

mofos, pentru fosfat monoamoniacal; diamofos, pentru fosfatul diamoniacal; nitrofos și nitrofoska pentru nitrofosfați conținînd NP și, respectiv, NPK etc.

În cele ce urmează vom adopta ultima clasificare întrucît permite înțelegerea corectă a constituenților și a denumirilor folosite pentru fiecare sortiment de îngrășăminte. Trebuie menționat, înainte de aceasta, că în constituția unora din substanțele prezentate în subcapitolele precedente ca îngrășăminte simple, s-a aflat și al doilea element esențial ca, de exemplu, sulful în sulfatul de amoniu sau în sulfatul de potasiu și în superfosfat, fără ca aceasta să implice trecerea îngrășămîntului în categoria celor complexe, deoarece sulful prezintă o semnificație practică neînsemnată spre a fi aplicat intenționat ca îngrășămînt pe aproape toate tipurile de sol din România.

5.7.1. AGROCHIMIA ÎNGRĂȘĂMINTELOR COMPLEXE SOLIDE

Superfosfatul amonizat. Se obține prin neutralizarea acidității libere a superfosfatului cu amoniac anhidru sau soluție amoniacală. Produsul obținut conține fosfați mono- și diamoniacali, fosfat primar și fosfat secundar de calciu, sulfat de amoniu și sulfat de calciu.

Superfosfatul simplu conține, după amonizare, 3—4% N și 14—20% P_2O_5 solubil în acid citric sau în apă. Dacă amonizarea superfosfatului simplu depășește 5—6% N sub formă de NH_3 au loc reacții ce duc la formarea de $Ca_3(PO_4)_2$, din care fosforul devine mai greu accesibil plantelor:

$$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + 2CaSO_4 \cdot 2H_2O + 4NH_3 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + \\ + 2(NH_4)_2SO_4 + 3H_2O.$$

Un îngrășămînt cu conținut ridicat de azot se poate obține dacă produsul supus amonizării are compoziție mai bogată în acid fosforic liber, încît prin amonizare sporește conținutul de fosfați de amoniu (C a l i s t r u și colab., 1985).

Superfosfatul concentrat poate fi, de asemenea, amonizat în scopul micșorării acidității libere, fără a se crea pericolul retrogradării fosforului. Conține 7—8% N și 44—48% P_2O_5 solubil în acid citric.

Superfosfatul amonizat se aplică în sol înainte de efectuarea arăturilor adînci, toamna, sau primăvara înaintea lucrărilor premergătoare însămînțării.

Ortofosfații de amoniu și îngrășăminte complexe pe bază de ortofosfați de amoniu. Ortofosfații de amoniu se obțin prin amonizarea acidului fosforic de 32—50% concentrație (se cunosc și alte căi de obținere). În funcție de proporția dintre cele două componente pot rezulta ortofosfați mono-, di- sau triamoniacali. Ortofosfatul monoamoniacal se descompune la temperaturi peste 100°C, cel diamoniacal se descompune la peste 70°C, iar ortofosfatul triamoniacal este instabil chiar la 30—40°C. Din această cauză prezintă importanță ca îngrășămînt numai primele două forme de fosfați:

$$H_3PO_4 + NH_3 = NH_4H_2PO_4; \qquad \Delta H = -134 \text{ kg};$$

$$H_3PO_4 + 2NH_3 = (NH_4)_2HPO_4; \qquad \Delta H = -210 \text{ kg};$$

Ortofosfatul monoamoniacal conține 12,17% N și 27% P (61,86% P_2O_5), este complet solubil în apă, soluția 0,1 *n* având *p*H 4,38; ostofosfatul diamoniacal conține 21,19% N și 53,7% P_2O_5 solubil în apă, soluția 0,1 *n* având *p*H 7,8. Ortofosfatul diamoniacal conține mai mult azot, este ceva mai higroscopic decît primul, care este foarte puțin higroscopic.

Ortofosfații de amoniu se pot utiliza direct ca îngrășămînt, sub formă granulată, sau pot servi la obținerea altor îngrășăminte compuse conținînd NP sau NPK.

Scanned with OKEN Scanner

Prezentăm principalele tipuri de îngrășăminte obținute pe bază de ortofosfați de amoniu:

Amofosul sau monoamofosul este un fosfat monoamoniacal cu 11—12% N și 40—60% P_2O_5. Conține cel puțin de patru ori mai mult fosfor decît azot, ceea ce nu coincide cu nevoile plantelor, care consumă mai mult azot. Este o sare albă, cristalizată, se livrează granulat, are reacție potențial acidă datorită procesului de nitrificare pe care-l suferă azotul amoniacal. Un îngrășămînt posibil este 11—52—0.

Fosfatul secundar de amoniu (diamoniufosfat; diamofos), este o sare albă cu reacție potențial acidă, se obține la Turnu-Măgurele și Bacău. Se folosește ca îngrășămînt complex ce conține 16% N și 48% P_2O_5 (16-48-0), alcătuit aproape numai din fosfat diamoniacal. Se poate utiliza și la obținerea altor îngrășăminte complexe.

Fosfat-azotatul de amoniu (nitroamofos) este un amestec de fosfați de amoniu și azotat de amoniu. Se obține prin amonizarea unui amestec de acid fosforic și acid azotic sau a unui amestec de acid fosforic și soluție de azotat de amoniu. La amestec pot fi utilizate și soluții concentrate de fosfați de amoniu și azotat de amoniu. Rezultă un sortiment larg de îngrășăminte. Creșterea rezistenței mecanice a granulelor și scăderea higroscopicității se realizează cînd materialul conține 0,2—0,5% umiditate remanentă, iar granulele se protejează prin acoperire cu un strat de pudră de calcar, Kieselgur etc. (P o p o v i c i și C i o b a n u, 1970).

La Combinatul Chimic de la Turnu-Măgurele se obține un îngrășămînt binar alcătuit dintr-un amestec de fosfat monoamoniacal în proporție de circa 45% și azotat de amoniu 50%. Îngrășămîntul conține 23% N și 23% P_2O_5 (tipul 23-23-0). Se livrează granulat, fiind foarte solubil (37,4 g/100 g apă).

Fosfat-sulfatul de amoniu (sulfoamofos) se obține din amonizarea unui amestec de acid fosforic și acid sulfuric. La uzinele chimice din Leuna (RDG) se obține un produs (Leunafos) ce conține 18,5—20% N și 20% P_2O_5, alcătuit din fosfat diamoniacal și sulfat de amoniu. Are solubilitate ridicată în apă, se recomandă pentru culturi mari consumatoare atît de azot, fosfor, cît și de sulf (legume, conifere etc.) și pe soluri sărace în sulf accesibil plantelor. Dacă înainte de granulare se adaugă și săruri conținînd potasiu, se obține un îngrășămînt de tip NPKS. Se livrează granulat. În ultimul timp se obțin și îngrășăminte mai concentrate în substanță activă: 18—46—0 (C a l i s t r u și colab., 1984).

Diamonnitrofoska se obține prin amonizarea unei soluții de acid ortofosforic, în care se adaugă apoi, în anumite proporții, azotat de amoniu și clorură de potasiu. Sărurile sînt foarte solubile și ușor accesibile plantelor, fosforul fiind ca fosfat diamoniacal. Conținutul îngrășămîntului în substanță activă variază de la o țară la alta. În SUA se obține un produs cu 54% substanță activă în care raportul celor trei elemente ($N:P_2O_5:K_2O$) este 1 : 1 : 1, iar în Anglia produsul este mai concentrat.

La Combinatul Chimic de la Turnu-Măgurele se obține un îngrășămînt de tipul 13-26-13, alcătuit din 52% $(NH_4)_2HPO_4$, 22% NH_4NO_3 și 23% KCl.

Fosfatul de amoniu-uree (carboamofos) se obține prin amonizarea unei soluții de acid fosforic în care se adaugă apoi uree. Soluția ce conține fosfați de amoniu și uree se concentrază, sărurile cristalizează, se separă, se granulează și se ambalează. Rezultă îngrășăminte cu un raport N/P echilibrat (29-29-0; 36-18-0). Este puțin higroscopic, neaglomerabil, granulele avînd o mare rezistență mecanică. Dacă în topitura de $NH_4H_2PO_4$ se adaugă uree și KCl, rezultă un îngrășămînt complex de tipul 19-19-19 (F r e n g și L i e, 1974).

Comportarea în sol. Îngrășămintele complexe pe bază de ortofosfați de amoniu prezintă o eficiență ridicată pe cele mai multe tipuri de sol. Experiențe efectuate la plante cultivate pe cernoziomuri levigate și la pajiști cultivate pe soluri brune acide montane (Depresiunea Dornelor) au arătat că oferă sporuri superioare de

Scanned with OKEN Scanner

producție față de îngrășămintele simple aplicate în aceleași doze de substanță activă. Se aplică toamna sau primăvara, înainte de lucrarea solului, spre a fi încorporate în sol în scopul evitării pierderilor de azot amoniacal prin volatilizare. După solubilizare, fosfatul diamoniacal exercită un ușor efect alcalinizant pentru ca mai tîrziu, după ce amoniul suferă procesul de nitrificare, efectul să fie ușor acidifiant (vezi tabelul 5.2). O parte din azotul amoniacal rămîne în formă schimbabilă, însă o fracțiune foarte importantă suferă nitrificarea. Anionii ortofosforici intră în reacție cu diverși cationi din sol dînd naștere la fosfați simpli cu structură amorfă sau la fosfați complecși de tipul taranakitelor. Pe soluri alcaline rezultă un procent ridicat de fosfați de calciu, în timp ce pe soluri acide se formează taranakite și fosfați bazici de fer și aluminiu. După solubilizare crește concentrația ionilor de amoniu, de aceea se recomandă aplicarea prin folosirea fertilizatoarelor speciale la o distanță minimă de 5—10 cm de rîndul de plante, spre a preîntîmpina eventualele efecte de toxicitate. Pot fi aplicate și cu apa de irigație deoarece sînt solubile.

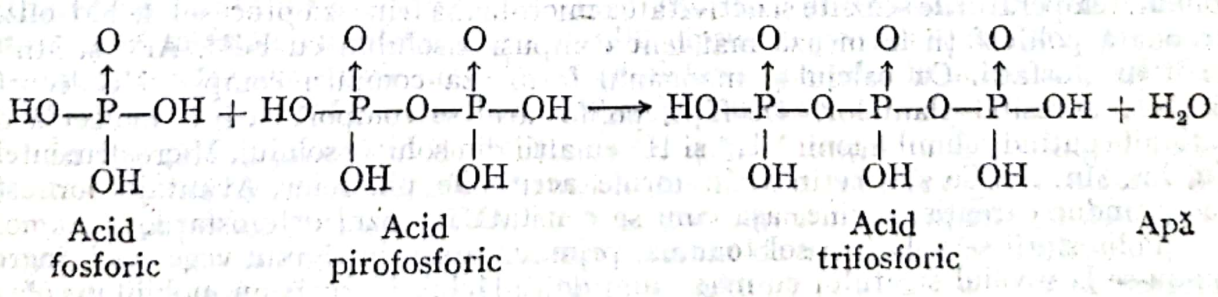
Fosfatul de uree. Se obține din solvirea ureei în soluție de acid fosforic de concentrație 60—85%. Formarea fosfatului de uree, $H_3PO_4 \cdot (NH_2)_2CO$, se bazează pe proprietatea ureei de a forma complecși cu acidul fosforic, acidul azotic, azotatul de calciu și cu alte substanțe. Conține 17% N și 44% P_2O_5. Conținutul de azot poate fi sporit dacă produsul obținut se amestecă cu uree. Se obține un îngrășămînt de tipul 30—30—0 sau 30—18—0. Dacă se adaugă și săruri de potasiu se obțin îngrășăminte cu 3 elemente nutritive. În România s-au obținut fosfați de uree în fază pilot (tipul 17—44—0).

Comportarea în sol. Fosfatul de uree se aplică înainte de efectuarea arăturii sau de pregătirea patului germinativ. Se poate aplica și o dată cu apa de irigație. Cele două componente ale îngrășămîntului — ureea și acidul fosforic — acționează independent după solubilizare în soluția solului. Ureea suferă procesul de hidroliză în prezența apei și a ureazei, eliberînd amoniac și CO_2, iar acidul fosforic formează săruri cu cationii din soluția solului sau din faza solidă. Reacția ușor alcalină ce apare după hidroliza ureei permite sărurilor formate de acidul fosforic să rămînă un timp mai îndelungat în forme amorfe, ușor accesibile plantelor. Nu este permis contactul direct dintre semințele însămînțate și îngrășămîntul aplicat.

Polifosfații de amoniu. Acidul fosforic obținut pe cale umedă conține 30—50% P_2O_5. Dacă acest produs se concentrează spre a se ajunge la altul mai bogat în substanță activă, prin deshidratare începe un proces de polimerizare. Astfel, cînd soluția conține 63—65% P_2O_5, apare acidul pirofosforic ca prim produs de polimerizare din unirea a două molecule de H_3PO_4, cu eliminarea unei molecule de apă:

$$2H_3PO_4 \longrightarrow H_4P_2O_7 + H_2O$$

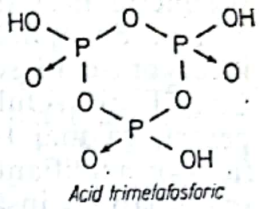
La concentrația de 72% P_2O_5 se formează acidul trifosforic:



Pierzînd încă o moleculă de apă, acidul trifosforic are o structură ciclică (trimetafosforic) a cărei compoziție chimică brută este aceea a acidului metafosforic, $(HPO_3)_n$. La 76% P_2O_5 se formează acidul tetrafosforic; la 80% P_2O_5 apare acidul pentafosforic și așa mai departe.

Scanned with OKEN Scanner

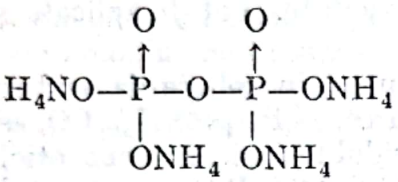
Acest produs, alcătuit din acizii ortofosforic, pirofosforic și polifosforic se numește acid superfosforic sau polifosforic. Este un lichid vîscos, de culoare gălbuie, verde sau neagră, conține 69—84% P_2O_5 și la o anumită concentrație cristalizează, funcție de impurități.



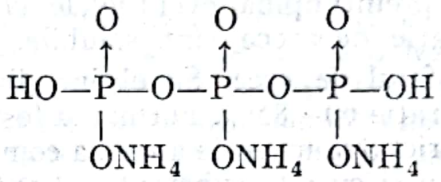
Acid trimetafosforic

Acidul superfosforic se utilizează la obținerea îngrășămintelor concentrate solide sau lichide, complexe sau mixte. Unul din aceste îngrășăminte este polifosfatul de amoniu.

Polifosfații de amoniu se obțin industrial prin amonizarea acidului superfosforic (cu 76—77% P_2O_5) sau prin amonizarea directă a acidului ortofosforic urmată de deshidratarea ortofosfaților de amoniu. Procesul are loc în reactoare speciale la temperatură și presiuni ridicate. Formulele de structură ale polifosfatului de amoniu se pot reprezenta astfel:



Pirofosfat tetraamoniacal



Tripolifosfat triamoniacal

Formula generală a polifosfatului este $H_{n+2}P_nO_{3n+1}$, iar a polifosfatului de amoniu poate fi scrisă: $(NH_4, H)_{n+2}P_nO_{3n+1}$.

Polifosfații de amoniu pot fi utilizați în stare solidă (granulată), lichidă sau sub formă de suspensii. Produsul poate să conțină 18% N și 58% P_2O_5, raportul N: P_2O_5 fiind 1: 3,2. Prin adaosul de uree, înainte de granulare, se sporește conținutul de azot, obținîndu-se îngrășăminte de tipul 30—30—0, 36—18—0, 28—28—0, iar dacă se adaugă și KCl, rezultă îngășăminte de tip NPK (20—20—20).

Polifosfații de amoniu pot dizolva cantități importante de substanțe conținînd microelemente (Zn, Cu, Fe, Mn) sub formă de sulfați sau oxizi, în ortofosfați solubilitatea compușilor cu microelemente fiind extrem de scăzută. Se creează astfel posibilitatea obținerii unor îngrășăminte cu NPK + microelemente. Sărurile de bor și molibden sînt, de asemenea, mai solubile în polifosfați.

Polifosfații de calciu rezultă prin tratamentul termic al superfosfatului simplu la 160—350°C. Conțin 56—67% P_2O_5 din care 97—99% accesibil plantelor.

Ureea formează compuși complecși cu acidul polifosforic — polifosfați de uree— utilizabili ca îngrășămînt solid sau lichid.

Polifosfații de potasiu au neajunsul că sînt higroscopici.

Comportarea în sol. După aplicarea în sol, polifosfații suferă un proces de hidroliză, trecînd în timp de cîteva săptămîni la ortofosfat. Hidroliza se desfășoară mai rapid cînd activitatea fosfatazică a solului este mai ridicată. Reacția bazică a solului, temperaturile scăzute și activitatea microbiană frînează procesul de hidroliză. Totodată polifosfații formează mai lent compuși insolubili cu Fe^{2+}, Al^{3+} și Mn^{2+}, decît ortofosfații. Cu calciul și manganul formează compuși complecși ce conțin și azot, accesibil plantelor. De fapt, polifosfatul se comportă ca o moleculă de cationit, putînd schimba ionii NH_4^+ și H^+ cu alții din soluția solului. Microelementele Cu, Zn, Mn, Fe, Co sînt reținute în forme accesibile plantelor. Avantajul lor este că nu induc carența de zinc, așa cum se constată în cazul ortofosfaților.

Polifosfații se aplică în sol toamna, primăvara sau în timpul vegetației, îngropîndu-se la nivelul stratului cu maximum de rădăcini, întrucît au mobilitate chiar mai mică decît a ortofosfaților. Polifosfații de amoniu sînt indicați în primul rînd pe cernoziomuri ce conțin carbonați.

Metafosfatul de potasiu, $[KPO_3]_n$. Este un polifosfat cu catenă lungă, $[KPO_3]_n$. În stare pură conține 60% P_2O_5 și 40% K_2O, produsul tehnic folosit ca îngrășămînt

Scanned with OKEN Scanner

avînd 54—59% P_2O_5, 36—38% K_2O și 1—4% Cl. Este insolubil în apă, dar total solubil în acid citric 2%. Solubilitatea lui în apă crește cînd produsul obținut se răcește brusc, iar structura sa devine amorfă.

Metafosfatul de potasiu se obține din reacția între KCl și HPO_3 sau între KCl și H_3PO_4. Cînd se folosește acid ortofosforic, reacția decurge în trepte și la temperaturi ridicate (350—450°C):

$$2KCl + 2H_3PO_4 \longrightarrow 2KH_2PO_4 + 2HCl;$$

$$2KH_2PO_4 \longrightarrow K_2H_2P_2O_7 + H_2O;$$

$$nK_2H_2P_2O_7 \longrightarrow 2(KPO_3)_n + nH_2O.$$

În sol, îngrășămîntul trece — prin hidroliză — în ortofosfat de potasiu, plantele folosind fosforul ca ortofosfat. În experiențe a dat sporuri de producție asemănătoare superfosfatului asociat cu KCl în doze echivalente. Este greu solubil în apă, însă după aplicarea în sol, prin hidroliză, se formează compuși accesibili plantelor.

Metafosfații de potasiu se folosesc, de regulă, la obținerea altor îngrășăminte complexe și mai puțin sub formă de îngrășăminte pure.

Azotatul de potasiu, KNO_3. Se obține prin mai multe procedee. Cea mai răspîndită este *metoda conversiei* sau a *dublului schimb* între azotatul de sodiu și KCl sau dintre azotatul de amoniu și KCl:

$$NaNO_3 + KCl \rightleftharpoons KNO_3 + NaCl;$$

$$NH_4NO_3 + KCl \rightleftharpoons KNO_3 + NH_4Cl$$

Azotatul de potasiu este o sare albă, cristalizată în sistem rombic, cu cristale de mărimi diferite.

În stare pură conține 13,85% N și 46,58% K_2O, fiind mai mult un îngrășămînt cu potasiu în care raportul N: K_2O este 1: 3,4. Este indicat pentru fertilizarea extraradiculară sau aplicat la sol înainte de plantare la cartof, la tutun, la viță de vie, la culturi mari consumatoare de potasiu dar sensibile la clorul din KCl. Necesarul de azot se completează prin folosirea îngrășămintelor simple.

Comparativ cu alte îngrășăminte chimice cu azot, azotatul de potasiu este cel mai puțin higroscopic. Se folosește direct ca îngrășămînt, se poate utiliza la obținerea îngrășămintelor complexe și ca aditiv în stabilizarea azotatului de amoniu. Are reacție potențial neutră sau ușor alcalină. Avînd indice de solubilitate scăzut, nu prezintă fenomene de toxicitate cînd este aplicat la sol în timpul vegetației.

Nitrofosfații. Sînt îngrășăminte complexe ce se obțin prin prelucrarea fosfaților naturali cu acid azotic. Înlocuirea acidului sulfuric, folosit la fabricarea superfosfatului, cu acid azotic prezintă avantajul că acesta din urmă servește atît ca sursă de energie pentru descompunerea rocii fosfatice, cît și ca materie primă pentru introducerea azotului, ca al doilea element nutritiv, în produsul finit. În plus, la atacul rocii fosfatice cu acid sulfuric rezultă gipsul ca produs secundar, care, fiind în cantitate mare, constituie un balast. Completarea azotului în aceste îngrășăminte se poate face sub formă de amoniac, NH_4NO_3, sau uree.

În funcție de procedeul de prelucrare a soluției obținută după atacul rocii fosfatice cu acid azotic (procedeul firmei Norsk Hydro din Norvegia, utilizat și în România, procedeul TVA din SUA, etc.), se pot obține îngrășăminte cu două elemente, de *tipul nitrofos* ($N+P_2O_5$),sau îngrășăminte de *tipul nitrofoska* ($N+P_2O_5+K_2O$) în cazul cînd în soluția obținută se adaugă și săruri conținînd potasiu (KCl, K_2SO_4). Alteori se obțin îngrășăminte cu NPK + microelemente.

La tratarea apatitei cu acid azotic de concentrație 58—60% are loc reacția:

$$Ca_5[(PO_4)_3 \cdot F] + 10HNO_3 = 5Ca(NO_3)_2 + 3H_3PO_4 + HF.$$

Scanned with OKEN Scanner

Soluția obținută conține 32—37% $Ca(NO_3)_2$, 40—47% H_2O, 9—13% H_3PO_4, la care se mai adaugă un rest de acid azotic. În scopul obținerii îngrășământului complex, soluția ar trebui supusă amonizării. Ar rezulta un îngrășământ ce conține și azotatul de calciu. Deoarece $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ este higroscopic, faza lichidă se prelucrează în scopul eliminării acestuia. Se cunosc 3 procedee de prelucrare: procedeul separării azotatului de calciu (Norsk Hydro), procedeul recirculării și procedeul adăugării unui acid (C a l i s t r u și colab., 1984; P o p o v i c i și C i o b a n u, 1970 etc.).

Separarea azotatului de calciu tetrahidratat $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ cu 15% N se face prin răcire între zero și —5°C, cristalizare și filtrare. Acesta poate fi utilizat direct ca îngrășământ, dacă este condiționat pentru scăderea higroscopicității (G r u n d t, 1975), sau este convertit în procedeul Norsk Hydro la carbonat de calciu și azotat de amoniu, folosind CO_2 și NH_3, conform reacției:

$$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O + 2NH_3 + CO_2 \longrightarrow 2NH_4NO_3 + CaCO_3 + 3H_2O$$

În soluția ce rămîne, raportul N: P_2O_5 este de 0,7: 0,9, funcție de raportul Ca/P și de excesul de HNO_3 prezent.

Soluția rămasă după îndepărtarea parțială a azotatului de calciu se neutralizează cu amoniac. Pot avea loc reacțiile:

$$2H_3PO_4 + 2Ca(NO_3)_2 + 2NH_3 + H_2O = Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + 2NH_4NO_3 + Ca(NO_3)_2;$$

$$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + Ca(NO_3)_2 + 2NH_3 + 2H_2O = 2CaHPO_4 \cdot 2H_2O + 2NH_4NO_3.$$

Soluția de NH_4NO_3 ce rezultă la descompunerea azotatului de calciu se adaugă în soluția fluxului principal pentru obținerea raportului N: P_2O_5 dorit (vezi schema fluxului tehnologic în figura 5.21).

Dacă se urmărește obținerea unui îngrășământ cu 3 elemente nutritive, în topitură se introduce, înainte de granulare, în anumite proporții, KCl care poate, parțial, reacționa cu azotatul de amoniu:

$$NH_4NO_3 + KCl = NH_4Cl + KNO_3$$

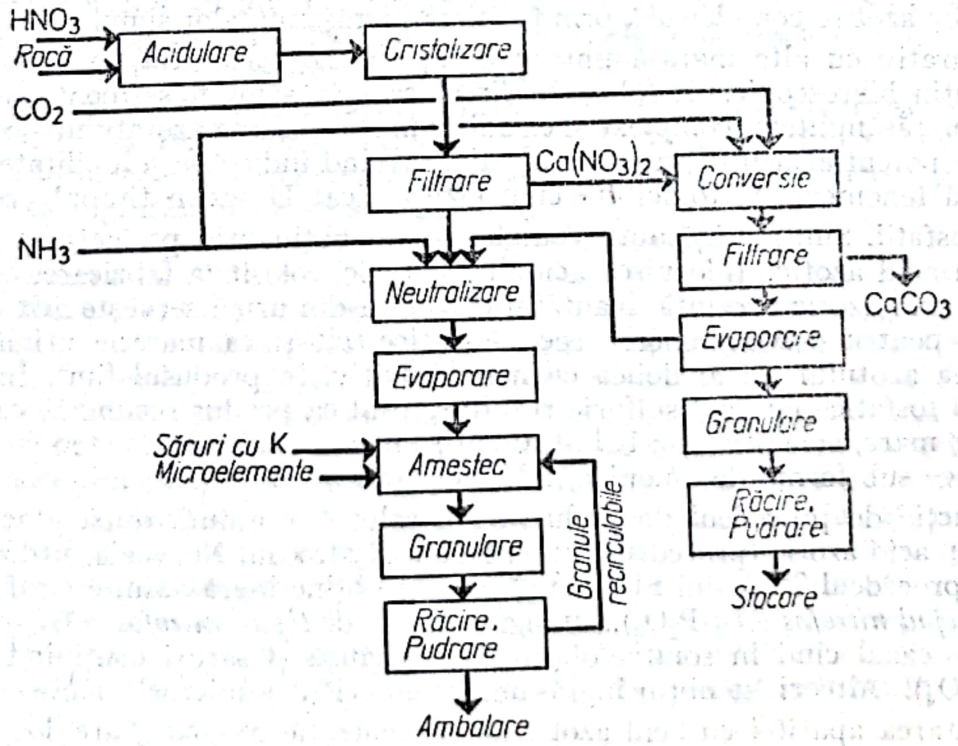


Fig. 5.21. Schema fluxului tehnologic al procesului Norsk Hydro de obținere a îngrășămintelor complexe de tip nitrofosfați.

Scanned with OKEN Scanner

Soluția se răcește, se granulează (diametrul granulelor 1—4 mm), se pudrează granulele cu praf de dolomită și se ambalează. În compoziția îngrășămîntului se pot găsi următoarele săruri:

$$NH_4NO_3,\ KNO_3,\ NH_4Cl,\ CaHPO_4 \cdot 2H_2O,$$

$$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O,\ NH_4H_2PO_4,\ (NH_4)_2HPO_4 \text{ și } KCl$$

La amonizare pot avea loc și alte genuri de reacții, de exemplu:

$$4H_3PO_4 + 2Ca(NO_3)_2 + 5NH_3 + 3H_2O = CaHPO_4 \cdot 2H_2O + Ca(H_2PO_4)_2 \cdot$$

$$\cdot H_2O + NH_4H_2PO_4 + 4NH_4NO_3$$

În acest caz fracțiunea fosforului solubil în apă poate crește pînă la 80% din P total, în timp ce în cazul reacțiilor precedente fosforul solubil ajunge doar la 55%, restul de fosfor pînă la 95% din total fiind solubil în citrat de amoniu.

Sortimentul de îngrășăminte pe bază de nitrofosfați omologat în țara noastră livrat sub formă de granule, este prezentat în tabelul 5.36.

Tabelul 5.36

Nitrofosfații omologați în România

$N:P_2O_5:K_2O$	$N-P_2O_5-K_2O$	P_2O_5 solubil în apă
Cu peste 70% din P solubil în apă		
2 : 1 : 0	27—13,5—0	9,5
1 : 1 : 0	22—22—0	15,5
2 : 1 : 1	22—11—11	7,5
Cu 30—70% din P solubil în apă		
1 : 1,5 : 0	12—18—0	6
1 : 1,8 : 1	10—18—10	6
1 : 2,5 : 1	10—25—10	12,6
1 : 2,5 : 1	10—25—10	6—17,6

Nitrofosfatul de tip 27—13,5—0 este alcătuit din 59,9% NH_4NO_3, 29% $NH_4H_2PO_4 + (NH_4)_2HPO_4$, 3,9% $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$, 5,9% CaF_2, restul fiind impurități. Cel de tipul 22—11—11 conține: 56,97% NH_4NO_3, 15,66% $NH_4H_2PO_4 + (NH_4)_2HPO_4$, 18,33% KCl, 3,24% $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$, 4,8% CaF_2 și impurități, 0,5% apă, 0,5% pudrant. Îngrășămintele de tip 16—16—16, 13—26—13, 27—13,5—0 și 22—22—0 conțin, în cazul cînd agricultura dorește, și circa 0,6% microelemente (Zn, B, Mo), fiind recomandate pentru soluri cu carență de microelemente (după Calistru și colab., 1984).

Carbonatul de calciu obținut ca precipitat la fabricarea îngrășămintelor de tip nitrofosfați din România conține 2—3% N ca resturi de azotat, fiind un material excelent ca amendament pentru soluri acide. Doza aplicabilă se stabilește funcție de conținutul solului în azot, spre a nu crea niveluri toxice prin introducerea NH_4NO_3 în cantitate excesivă.

Nitrofosfații ce conțin peste 70% din P_2O_5 total în forme solubile în apă sînt utilizabili pe toate tipurile de sol și la toate culturile. Se recomandă în primul rînd la culturi de primăvară, în special la prășitoare la care se pot aplica, fie înainte de pregătirea patului germinativ, fie cu prilejul lucrării solului în timpul vegetației, prin folosirea fertilizatoarelor speciale.

Nitrofosfații avînd sub 50% din P total în forme solubile în apă sînt caracterizați printr-un conținut ridicat de $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$; de aceea asemenea îngrășăminte sînt indicate pe soluri cu *p*H sub 6,5 unde au efecte superioare altor îngrășă-

Scanned with OKEN Scanner

minte, deoarece fosfatul dicalcic se solubilizează lent, rămînind mai mult timp la dispoziția plantelor fără a fi insolubilizat de hidroxizii de fer și aluminiu.

Îngrășămintele de tip NPK sînt recomandate pe soluri sărace în potasiu accesibil și la culturi mari consumatoare de potasiu.

În experiențe efectuate în cîmp sau în vase de vegetație, la diverse plante cultivate pe mai multe tipuri de sol, nitrofosfații au oferit sporuri de recoltă cuprinse între 4—10%, comparativ cu îngrășămîntul complex de tip 13—26—13 (pe bază de fosfați de amoniu), dozele de N, P și K experimentate fiind echivalente (după ICPA București). G r u n d t (1976) a constatat că nitrofosfații mai puțin solubili în apă au efect mai scăzut pe soluri sărace în fosfor accesibil și cu *p*H alcalin. Pe pășuni și fînețe sînt o sursă mai bună de azot pentru plante, comparativ cu îngrășămintele simple cu azot amoniacal.

Combinații avînd conținut foarte ridicat de azot și fosfor. Sînt substanțe ce conțin între 120—147% N + P_2O_5. Se obțin prin reacția dintre P_2O_5 și NH_3 la cald, rezultînd un amestec de *poliamide lineare:* diamida acidului pirofosforic, $P_2O_3(NH_2)_2 \cdot (OH)$; monoamida acidului pirofosforic, $P_2O_3(NH_4)_2(NH_2)$ (OH); diverse săruri ale acidului polifosforic în care atomii de fosfor sînt legați pe de o parte de oxigen, pe de alta de grupări iminice (=NH) sau aminice ($-NH_2$). Exemplu: $P_4O_{10}(NH_4)_3$ $(NH_2)_3$ (după Z a h a r i a și I o n e s c u, 1971). Un produs comercial pe bază de triamida acidului ortofosforic, $(NH_2)_3PO_4$, conține 43+74(N+ + P_2O_4)%.

Alte produse din aceeași categorie de combinații sînt:

— *fosfonitrilii*, exemplu fosfonitrilamida, $(NH_2)_6P_3N_3$, cu 54% N + 93% P_2O_5, avînd o formulă ciclică, condiționată ca îngrășămînt de tipul 48—98—0;

— *metafosfimații ciclici* cu formula brută $(NH_4)_3P_3N_3O_6H_3$, condiționat ca îngrășămînt de tip 27—60—0.

Toate produsele menționate mai sus au, deocamdată, numai semnificație teoretică.

Alte îngrășăminte complexe. *Superfoska.* Se obține prin tratarea rocii fosfatice cu acid sulfuric în prezență de KCl. În funcție de tehnologia de fabricare poate rezulta un produs mai sărac în substanță activă (11—16% P_2O_5 + 12—21% K_2O) sau mai bogat (18—27% P_2O_5 + 23—33% K_2O). Conține sub 5% aciditate liberă, fiind destinat solurilor cu cerințe mari de P și K.

Plantozan 4D conține azotul sub formă de uree și ureoformaldehidă, cu 20% N din care 28—30% se solubilizează lent, în timp de 3—5 luni. Mai conține 10% P_2O_5, 15% K_2O, 3,6% Mg, microelementele Fe, Cu, Zn, Mn, B, Mo și Co în cantități de 45; 45; 25; 112; 57; 8,5 și, respectiv, 0,1 ppm. Avînd solubilitate lentă, îngrășămîntul este destinat pentru legume cultivate în sere, pentru răsaduri și plante decorative. Se folosesc doze normale, ținînd seama de conținutul îngrășămîntului în azot total (C i a n i, 1976).

În Franța se folosește un îngrășămînt numit *potazot*, realizat din NH_4Cl + KCl (20—24% K_2O + 11—12% N); în R.F.Germania se fabrică îngrășăminte cu NPKMg (ex. tipul 12—12—17—2). Pe plan mondial se întîlnesc și alte sortimente.

Sulfatul de amoniu și *sulfatul de potasiu*, descrise ca îngrășăminte simple, sînt, de fapt, îngrășăminte cu două elemente (conțin și sulf).

5.7.2. AGROCHIMIA ÎNGRĂȘĂMINTELOR COMPLEXE LICHIDE

Acest sortiment de îngrășăminte se utilizează pe scară largă în țări cu agricultură intens industrializată.

Îngrășămintele complexe lichide se pot prezenta sub formă de *soluții* și sub formă de *suspensii*. La rîndul lor, cele sub formă de soluții pot fi destinate pentru

specii din cultura mare (cereale etc,) sau pentru culturi intensive din sere și solarii, viță de vie, pomi fructiferi.

Îngrășămintele complexe sub formă de soluții pentru sol. Sînt soluții apoase ale unor săruri solubile ce conțin două sau mai multe macroelemente, uneori conținînd și microelemente.

Spre deosebire de îngrășămintele complexe solide, cele lichide prezintă unele avantaje: pot fi realizate cu ușurință raporturile dorite între diversele specii de ioni nutritivi, potrivit cerinței plantelor și condițiilor de sol; manipularea și distribuția lor pe teren se face numai prin mijloace mecanizate; pot fi aplicate în sol o dată cu apa de irigație; concomitent cu distribuția lor în sol pot fi aplicate tratamentele cu insecticide sau erbicide; costul lor este cu circa 25% inferior celor complexe solide; se evită pierderile ocazionate în transporturi pe calea ferată și în întreprinderi, pierderi ce se constată în cazul îngrășămintelor solide livrate în vrac.

Neajunsurile îngrășămintelor lichide: cer cisterne speciale pentru transport pe calea ferată de la fabrici la întreprinderile agricole, necesită un echipament special pentru distribuția lor pe teren și sînt corozive. Folosirea irigației pentru aplicarea lor înlătură unele din neajunsuri.

Obținerea lor este relativ simplă: acidul ortofosforic se tratează cu amoniac sau cu ape amoniacale pînă la pH 6,0—6,9 (L e i n o v, 1976). Rezultă fosfați de amoniu a căror concentrație maximă în soluție nu poate depăși 32% substanță activă. În aceste condiții, raportul N: P_2O_5 = 1: 3, îngrășămîntul lichid fiind de tipul 8—24—0 (pH = 6,0—6,9). Adaosul altor săruri pentru creșterea conținutului în azot sau introducerea clorurii de potasiu micșorează concentrația totală a îngrășămîntului, deoarece alte săruri încep să precipite.

Îngrășăminte complexe lichide cu conținut de substanță activă mai ridicat, apropiat de al celor solide, se pot obține prin folosirea acidului polifosforic cu 70—78% P_2O_5 care, neutralizat cu amoniac, atinge 44—48% substanță activă (tipurile 10—34—0 sau 11—37—0). Ultimul produs are pH 5,8—6,2, viscozitatea 80 cp (centipoise) la 24°C și greutatea specifică 1,4 la 24°C. Realizarea unui raport N: P_2O_5 peste 1: 3 și 1: 3,5 se face prin adaos de azotat de amoniu, uree sau azotat de amoniu și uree.

În timpul păstrării îngrășămintelor complexe lichide se pot forma fosfați de fer și aluminiu datorită impurităților din acidul fosforic de extracție, care tulbură soluția, suspensiile putîndu-se depune pe pereții rezervoarelor de transport sau păstrare și pe tuburile mașinilor de aplicare a îngrășămîntului în sol. Evitarea neajunsului se realizează prin adaos de bentonită în proporție de 1—2%, care menține particulele în *suspensie*, evitînd depunerea.

În timpul păstrării are loc hidroliza acidului polifosforic la acid ortofosforic, ceea ce dă naștere la precipitări. Hidroliza se produce lent, fiind mai rapidă la temperaturi ridicate. Dacă în soluție există magneziu, se formează cristale de pirofosfat de amoniu și magneziu, $(NH_4)_2\,MgP_2O_7 \cdot 4H_2O$, care precipită, în jurul lor depunîndu-se alte cristale. Rezultă că soluția trebuie aplicată pe teren în decurs de 4—5 săptămîni. O anumită cristalizare și depunere de săruri are loc și în cazul îngrășămintelor pe bază de acid ortofosforic. Cînd îngrășămîntul este mai diluat, fenomenul cristalizării este mai lent.

Fiind lipsite de amoniac în stare liberă, îngrășămintele complexe, lichide pot fi aplicate și la suprafața solului, urmînd ca prin lucrări să se încorporeze în sol.

Îngrășăminte lichide sub formă de suspensii. S-a arătat mai sus că îngrășămintele complexe lichide pe bază de acid ortofosforic nu pot conține peste 32% substanță activă datorită precipitării anumitor componente. Neajunsul se elimină, parțial, prin crearea unor îngrășăminte lichide în care elementele nutritive se află atît ca săruri solvite, cît și sub formă de cristale. Menținerea cristalelor și a diverselor impurități în suspensie se face prin adaos de argile coloidale, în special atapulgită,

Scanned with OKEN Scanner

bentonită, alumină coloidală, siliconi coloidali. Agentul de dispersie se adaugă în proporție de 0,1—0,5% în raport cu ceilalți constituenți (C a l i s t r u și colab., 1984). Densitatea suspensiei este 1,4—1,5 iar viscozitatea 300—700 cp; după 2—3 săptămîni de păstrare se observă o așezare în straturi, de aceea trebuie aplicate pe teren în acest interval de timp.

Cînd se folosește acid fosforic obținut pe cale termică, suspensia se poate menține un timp mai îndelungat (2—3 luni).

Se obțin suspensii de tipul 12—40—0 sau 14—47—0 din care, prin adaos de uree, azotat de amoniu și KCl (finețea particulelor de KCl = 0,074 mm, adică 20 mesh) rezultă un sortiment larg de îngrășăminte lichide care, după diluție, sînt stabile (15—15—15; 10—30—10; 9—27—13 etc.). În suspensii pot fi adăugate și săruri ce conțin microelemente: 0,3% B; 1,20% Cu; 1,20% Fe; 0,35% Mn; 2,5% Zn. Aceste îngrășăminte se aplică la sol cu echipamente speciale înainte de efectuarea lucrărilor (echipamentul purtat AEFL — O)

Îngrășăminte complexe foliare. Sînt destinate aplicării prin stropiri pe plante. Absorbția elementelor prin frunze se face sub formă de ioni, ca și în cazul nutriției radiculare. De aceea sărurile din îngrășămînt trebuie să fie solubile și să disocieze ioni în soluția preparată pentru stropit. Reacția soluției trebuie să fie relativ neutră. Sărurile aplicate pe frunze nu retrogradează, cum se întîmplă cu fosfații aplicați în sol; efectul lor depinde de prezența precipitațiilor.

La Combinatul Chimic Craiova se obțin îngrășăminte complexe lichide destinate fertilizării culturilor din sere și solarii, a plantațiilor de pomi și viță de vie sau pentru culturi intensive în cîmp. Acestea se livrează sub formă de soluții concentrate (240—300 g substanță activă la litru), ambalate în butoaie de polietilenă de capacitate 40—60 litri. Se obțin două tipuri de îngrășăminte complexe lichide:

— *tipul cristalin*, nominalizat cu litera „C", urmată de trei cifre ce exprimă raportul între N: P_2O_5: K_2O;

— *tipul foliar*, nominalizat cu litera „F" urmată de trei cifre care se referă la același raport între N: P_2O_5: K_2O (tabelul 5.37).

Îngrășămintele de tip cristalin se prepară din acid fosforic obținut pe cale termică (de puritate ridicată), KOH, NH_3, $(NH_2)_2CO$, HNO_3 și apă demineralizată, sărurile ce se formează fiind $NH_4H_2PO_4$, KNO_3, NH_4NO_3, $(NH_2)_2CO$. Îngrășămîntul nominalizat C_{313} conține azotul și sub formă nitrică, celelalte numai sub formă amoniacală. Ureea este prezentă în tipurile C_{313} și C_{411}, tipul C_{313} avînd și 10—12g MgO/litru. Suma $N + P_2O_5 + K_2O$ reprezintă circa 240 g/litru.

Îngrășămintele de tip foliar conțin în plus, față de precedentele, substanțe tampon (etilenglicol, glucoză, zahăr, aldehidă maleică) ce se opun modificării *p*H-ului și substanțe cu proprietăți de chelatizare (EDTA, acid citric, acid tartric), care leagă metalele și le mențin în forme solubile. Microelementele sînt adăugate sub formă de $CuSO_4$, $FeSO_4$, ZnO și $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$. Reacția soluției trebuie să fie slab acidă sau slab neutră.

Tabelul 5.37

Îngrășăminte complexe foliare obținute în România

Tipul	Substanță activă (g/l)				Tipul	Substanță activă (g/l)			
	N_2	P_2O_5	K_2O	MgO		N	P_2O_5	K_2O	Microelemente *
C_{411}	10	40	40	—	F_{411}	180	35	40	da
C_{141}	60	160	40	—	F_{241}	35	200	40	da
C_{011}	40	120	120	—	F_{111}	80	130	40	da
C_{313}	120	40	120	10	F_{013}	—	130	130	da

* Fe = 0,2—0,4 g/l; Cu = 0,04—0,06 g/l; Zn = 0,04—0,06 g/l; B = 0,1—0,2 g/l.

Scanned with OKEN Scanner

Îngrăşămintele cristaline sau foliare se aplică prin stropiri cu soluţie de concentraţie 0,30—4,0%. Concentraţiile mai ridicate produc arsuri pe frunze. Aplicarea lor se poate face concomitent cu stropirile anticriptogamice sau împotriva insectelor, folosind instalaţii tractate mecanic sau aeronave. Se folosesc 5—6 l/ha, produs comercial, la culturi obişnuite, şi 6—10 l/ha la culturi intensive (0,5—1,5 l/100 litri apă la dicotiledonate şi 1,5—4,0 l/100 litri la monocotiledonate). În sere, tomatele răspund foarte bine la aplicarea acestor îngrăşăminte. Rezultate pozitive s-au obţinut şi la pomi, viţă de vie, sfeclă de zahăr, cartof.

Institutul pentru Pedologie şi Agrochimie — Bucureşti a experimentat şi propus pentru producţie şi alte preparate (vezi subcapitolul 8.4).

Aplicarea lor la tomate se face de mai multe ori în timpul vegetaţiei, de fiecare dată folosindu-se alt îngrăşământ. În faza de creştere intensă a plantelor se foloseşte tipul F_{411}, care conţine mult azot; în perioada înfloritului se aplică F_{231} şi F_{141}, iar la formarea fructelor se foloseşte F_{011}. La pomi nu se aplică în timpul înfloritului. Atît în sere, cît şi la specii cultivate în cîmp, se pot efectua 2—6 stropiri.

Asimilarea elementelor nutritive prin frunze depinde de însuşirile biologice ale speciei. În general, NO_3^- este mai bine asimilat decît NH_4^+, iar potasiul este mai bine utilizat din KNO_3 decît din K_2SO_4. Fosforul este mai uşor accesibil din fosfaţii de amoniu decît din cei de calciu. În fine microelementele prezintă o absorbţie moderată (D o r n e a n u, 1976).

Îngrăşămintele foliare nu substituie fertilizarea cu îngrăşăminte solide aplicate în sol. Ele constituie 1/2—1/5 din totalul îngrăşămintelor necesare în sezonul de vegetaţie.

Păstrarea îngrăşămintelor complexe lichide de la un an la altul duce, în mare parte, la scăderea conţinutului lor de substanţă activă datorită precipitării unora dintre compuşii chimici nou formaţi, în primul rînd sub formă de fosfaţi.

5.7.3. ÎNGRĂŞĂMINTE MIXTE

Se obţin prin amestecul fizic a două sau mai multe îngrăşăminte simple sau complexe sau prin amestecul de produse semifinite destinate obţinerii îngrăşămintelor simple sau complexe.

Substanţele chimice cu azot utilizate la obţinerea acestor îngrăşăminte sînt, de regulă, azotatul de amoniu, ureea, amoniacul anhidru, sulfatul de amoniu şi azotatul de potasiu. Pentru introducerea fosforului în îngrăşămîntul mixt se folosesc: superfosfatul amonizat, făina de fosforite; pentru potasiu se folosesc sărurile potasice brute, KCl, K_2SO_4 şi alte săruri. În acelaşi scop pot fi folosite îngrăşăminte complexe: fosfaţi de amoniu şi nitrofosfaţi.

În îngrăşămintele mixte se pot adăuga şi alte substanţe. Astfel, pentru micşorarea higroscopicităţii, a capacităţii de aglomerare şi neutralizarea acidităţii libere se adaugă praf de calcar sau dolomit; pentru combaterea dăunătorilor, concomitent cu aplicarea îngrăşămintelor, se pot introduce în îngrăşămînt diverse pesticide şi se obţin *îngrăşăminte mixte cu erbicide, cu insecticide* sau *cu fungicide*, funcţie de substanţele folosite în amestec; ele se pot amesteca cu microelemente şi se obţin îngrăşăminte aproape complete.

La alegerea substanţelor pentru obţinerea amestecului se ţine seama de compatibilitatea şi capacitatea lor de segregare.

Îngrăşămintele pot fi: compatibile, incompatibile şi cu compatibilitate scăzută.

Îngrăşămintele compatibile după amestec nu dau naştere la reacţii chimice în urma cărora se înrăutăţesc însuşirile fizice ale îngrăşămîntului mixt, nu scade calitatea îngrăşămîntului prin retrogradarea parţială a compuşilor cu fosfor şi nu se produc pierderi parţiale de azot prin volatilizare sub formă de NH_3 sau ca oxizi. Îngrăşămintele incompatibile dau naştere la asemenea reacţii după amestec,

Scanned with OKEN Scanner

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	+										NH_4NO_3
2	0	+									$(NH_2)_2CO$
3	0	0	+								$(NH_4)_2SO_4$
4	–	–	+	+							Superfosfat
5	–	+	0	+	+						Precipitat
6	–	+	–	–	+	+					Fosforite (făină)
7	–	0	–	–	+	+	+				Zgura Thomas
8	+	+	+	0	+	–	+	+			$NH_4H_2PO_4$
9	+	+	+	+	+	+	+	+	+		KCl
10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	K_2SO_4

Fig. 5.22. Compatibilitatea amestecurilor de îngrășăminte:
+) amestecuri compatibile: –) amestecuri incompatibile; 0) amestecuri cu compatibilitate scăzută.

iar la îngrășămintele cu compatibilitate scăzută degradarea însușirilor fizice sau chimice se produce în mod lent, după amestec. S-au întocmit diverse diagrame care sugerează compatibilitatea îngrășămintelor (fig. 5.22).

În general, îngrășămintele ce conțin amoniu nu se pot amesteca cu substanțe avînd o reacție bazică (calcar, zgure termofosfatice, cianamidă de calciu), deoarece au loc reacții ce pun în libertate amoniacul sub formă de gaz; îngrășămintele cu fosfor solubile în apă (superfosfat, fosfați de amoniu) nu se pot amesteca cu produse conținînd CaO liber, întrucît reacțiile ce pot avea loc duc la retrogradarea fosforului din îngrășămînt; în fine, îngrășămintele higroscopice (azotat de amoniu, uree, săruri potasice) se pot amesteca numai cu altele ce nu au tendințe de aglomerare.

Ca exemplu de reacții ce pot avea loc la amestecul unor îngrășăminte incompatibile menționăm următoarea:

$$2NH_4NO_3 + Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O = Ca(NO_3)_2 + 2NH_4H_2PO_4 + H_2O.$$

Azotatul de calciu este foarte higroscopic, înrăutățind proprietățile fizice ale amestecului.

Capacitatea de segregare este însușirea substanțelor de a se separa de amestec în timpul transportului, pe baza diferenței de granulometrie și de greutate specifică. Însușirea prezintă importanță pentru îngrășămintele livrate negranulat. Cînd segregarea se produce în timpul aplicării îngrășămîntului mixt pe teren are loc o distribuție neomogenă, pe unele suprafețe aplicîndu-se un îngrășămînt, pe altele altul. Aproape întotdeauna îngrășămintele mixte se livrează granulate, de aceea segregarea nu este posibilă.

Tipuri de îngrășăminte mixte:

Tipul NP

Superfosfat în amestec cu sulfat de amoniu sau fosfat de amoniu. Conține pînă la 50% din P total în forma solubilă în apă (tipul 9—9—0).

Ureea în amestec cu făină de rocă fosfatică formează un îngrășămînt de tipul 17—17—0.

Tipul NK

Hakafos. Acesta conține N și K sub forma de uree, K_2SO_4 și NH_4NO_3, în raportul de 20—0—20.

Scanned with OKEN Scanner

Sulfat-azotatul de amoniu + $MgSO_4$, cu reacție potențial acidă, destinat pentru soluri cu conținut scăzut de Mg accesibil plantelor. Este complet solubil în apă, conține 20% N și 5% Mg; compensarea reacției potențial acide se face prin folosirea amendamentelor calcaroase.

Tipul NMg

Carbonat de magneziu-azotat de amoniu. Se obține din amestecarea prafului de dolomită cu azotat de amoniu. Conține 20—28% N și 5% Mg. Este destinat solurilor acide. Dacă dolomita se introduce în topitura de azotat de amoniu înainte de granulare, se obține, de fapt, un nitrocalcar ce conține și Mg ca element nutritiv. Este indicat pe pășuni, în zone cu soluri podzolice. Uneori conține și 0,2% Cu.

Tipul PK

Amestecuri de superfosfat, făină de fosforite sau zgura lui Thomas cu KCl sau K_2SO_4. Se obțin îngrășăminte conținînd 0—20—30; 0—20—20; 0—15—25; 0—10—20. Se aplică în sol înainte de efectuarea arăturii, vara sau toamna, urmînd ca îngrășămintele cu azot să se aplice primăvara, după nevoile culturii.

Tipul NPK + microelemente

Îngrășămintele conțin, pe lîngă NPK, circa 0,05% Mn, 0,01% Cu, 0,01% Zn, 0,02% B dacă sînt destinate pentru horticultură și 0,1% Mn, 0,04% Cu, 0,02% Zn, 0,05% B la cele destinate pentru culturi de cîmp.

5.7.4. ÎNGRĂȘĂMINTE IONITICE (ORGANO-MINERALE)

Sînt îngrășăminte create în scopul înlăturării unora din neajunsurile îngrășămintelor minerale: levigarea azotului sub forma de NO_3^- și insolubilizarea rapidă a ionilor ortofosforici (F l e i g, 1975). La obținerea lor se folosesc substanțe numite ioniți (schimbători de ioni). În funcție de stratul ionogen se folosesc următoarele denumiri: cationiți, cînd la substrat sînt reținuți cationi; anioniți, cînd pe substanța ionitică pot fi reținuți anioni; substanțe cu însușiri amfotere, ce pot reține adsorbtiv anioni și cationi. Ioniții pot participa la reacții de schimb de ioni cu soluțiile cu care vin în contact, de aceea se numesc și „schimbători de ioni". Aceștia pot fi de natură organică sau minerală, solizi sau lichizi.

La fabricarea îngrășămintelor ionitice se folosesc reziduuri organice ce pot căpăta însușiri ionitice:

— *praf de cărbune ce rămîne de la exploatările miniere.* Prin tratarea lui cu oxigen, acid azotic, acid fosforic sau prin sulfonare se îmbogățește în grupări — COOH, —OH, HSO_3^- la care pot fi reținute diverse specii de cationi, în primul rînd NH_4^+;

— *celuloze și reziduuri celulozice,* care suferă un tratament similar:

— *reziduuri ligninice (rumeguș) și praf de turbă,* care suferă un proces de sulfonare.

În România s-au obținut îngrășăminte organo-minerale din praful de cărbune inferior, nominalizate cu litera L (tabelul 5.38). Activarea se face cu H_3PO_4, H_2SO_4, HNO_3 urmată de neutralizarea cu substanțe bazice ce conțin cationi (NH_4OH, KOH, K_2CO_3 etc.). Se mai adaugă polimeri ureoformaldehidici (D o r n e a n u și colab., 1981). Elementele nutritive sînt legate ionitic la acizii humici și la compușii ureoformaldehidici sau se găsesc sub formă de săruri ale acizilor folosiți la activarea prafului de cărbune. Fosforul se află, mai ales, sub formă de fosfați de amoniu.

Sînt îngrășăminte destinate solurilor cu conținut scăzut de humus, erodate, podzolice sau nisipoase, cărora li se pot îmbunătăți însușirile fizico-chimice prin aportul de humați și se micșorează levigarea nitraților. Costul lor este cu 10—30% mai ridicat decît al celor minerale; eficacitatea economică nu este, în general, superioară acestora. Se folosesc 400—500 kg substanță activă la hectar.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.38

Îngrășăminte organo-minerale obținute în România

Nominalizarea îngrășămîntului	Total N, P_2O_5, K_2O	Conținutul în elemente nutritive, (%)		
		N	P_2O_5	K_2O
L_{121}	36—40	8—10	20	8—10
L_{121}	28—32	8—10	20—22	—
L_{210}	30	20	10	—
L_{110}	20—22	10—11	10—111	—
L_{111}	30	10	10	10

Teste recapitulative

5.7.1. Descrieți îngrășămintele complexe solide obținute pe bază de fosfați de amoniu, avantajele, eficiența utilizării lor prin comparație cu îngrășămintele simple.

5.7.2. Prezentați sortimentul îngrășămintelor complexe de tip nitrofosfat și arătați condițiile de sol în care se recomandă utilizarea lor.

5.7.3. Arătați sortimentul îngrășămintelor complexe lichide destinate aplicării în sol sau prin stropiri pe plante, precizînd condițiile de utilizare și avantajele lor prin comparație cu îngrășămintele solide.

5.8. PĂSTRAREA ÎNGRĂȘĂMINTELOR CHIMICE

S-a menționat mai sus că obținerea industrială a îngrășămintelor este energointensivă, ceea ce impune atenție cu prilejul transportului, depozitării și aplicării lor pe teren, pentru evitarea pierderilor și înrăutățirea însușirilor lor fizico-chimice. Păstrarea îngrășămintelor într-un depozit special, pînă la aplicarea pe teren, este impusă și de faptul că graficul expedierii lor la beneficiar nu coincide cu momentul aplicării acestora pe teren. Durata și condițiile de păstrare depind, printre altele, de sistemul de organizare a chimizării agriculturii.

În anumite țări (R.D.G, U.R.S.S.) s-au creat organisme specializate pentru aplicarea îngrășămintelor și efectuarea tratamentelor de protecție chimică a plantelor, așa-numitele „centre agrochimice". Asemenea organisme presupun o dotare cu mașini de înaltă productivitate, cu specialiști ce urmăresc introducerea progresului tehnic în agricultură, sarcina acestora fiind aceea de a primi substanțele chimice și de a efectua tratamentele la momentul și în condițiile tehnologice cele mai potrivite. Un asemenea organism deservește o suprafață de peste 8 000 ha. Tehnologiile de aplicare a îngrășămintelor concomitent cu efectuarea altor lucrări (însămînțare, prașile etc.) duc la concluzia că lucrările de fertilizare interesează în mod nemijlocit pe fermier, centrul agrochimic urmînd să se ocupe numai de asigurarea transportului către sediul fermei.

În sistemul de organizare cu centre agrochimice ca verigă intermediară sînt necesare două categorii de depozite: depozite centrale aparținînd centrelor agrochimice, situate lîngă calea ferată și dotate cu mijloace mecanizate pentru descărcarea îngrășămintelor din vagoane și expedierea lor spre beneficiar; depozite mici sau mijlocii, situate în ferma sau întreprinderea agricolă. Acestea sînt depozite pentru îngrășămintele livrate în stare solidă.

Depozitele intermediare sînt necesare și în absența sistemului de organizare cu centre agrochimice, ele fiind în incinta stațiilor de cale ferată și deservind mai multe întreprinderi agricole. Se evită, pe această cale, risipa de îngrășăminte ce

Scanned with OKEN Scanner

are loc cînd lipsește o rampă specială de descărcare; se poate mecaniza încărcarea îngrășămintelor în vehiculele ce le transportă spre depozitul sau magazia de păstrare din întreprinderea agricolă.

Proprietățile îngrășămintelor legate de păstrare La amenajarea depozitului pentru păstrarea îngrășămintelor trebuie să se țină seama de anumite proprietăți ale acestora, care ar putea duce la înrăutățirea însușirilor fizice sau chimice ale îngrășămîntului în timpul păstrării, la cheltuieli suplimentare în vederea pregătirii îngrășămîntului pentru aplicarea pe teren. Asemenea însușiri sînt: higroscopicitatea, pericolul de descompunere și explozie, conținutul în acizi liberi.

Higroscopicitatea este proprietatea îngrășămîntului de a absorbi vapori de apă din aerul atmosferic, cînd umiditatea relativă a acestuia este superioară unei valori critice. Cînd umiditatea aerului scade sub valoarea critică, îngrășămîntul pierde apa, se întărește și trebuie să fie măcinat spre a putea fi aplicat pe teren. Aproape toate îngrășămintele solide sînt higroscopice, punctul critic al umidității atmosferice pentru fiecare îngrășămînt depinde de temperatură și are valori mai ridicate la temperaturi scăzute și invers.

Cea mai ridicată higroscopicitate o au azotatul de amoniu și îngrășămintele ce conțin azotat de amoniu, precum și azotatul de calciu. Higroscopicitate foarte scăzută au superfosfatul, îngrășămintele complexe pe bază de fosfați de amoniu și sarea potasică cu conținut ridicat de susbtanță activă.

Absorbția apei în granulele de îngrășămînt neambalat și depozitat în grămezi depinde și de alți factori. Formarea curenților de aer în depozitul de păstrare favorizează alimentarea cu umiditate atmosferică, intensificînd absorbția apei în granule; așezarea îngrășămîntului în grămezi mari oferă o suprafață de contact mai mică între aer și exteriorul grămezii; îngrășămintele negranulate absorb mai intens vaporii de apă, comparativ cu cele granulate; unele substanțe de pudrare a granulelor (praf de calcar, kiesselgur) sînt favorabile absorbției vaporilor de apă, iar aplicarea unei pelicule uleioase împiedică acest proces.

Resturile de acizi liberi. Cele mai multe îngrășăminte chimice conțin resturi de acizi liberi (fosforic, sulfuric, azotic) care pot ataca pereții și pardoseala depozitului de păstrare, părțile metalice ale mașinilor de transport și administrare. La amenajarea depozitului se protejează pereții laterali și pardoseala cu substanțe anticorozive. Aciditatea liberă variază astfel: 0,25—0,5% la sulfatul de amoniu, 5,5% la superfosfatul simplu (exprimată în P_2O_5), 6,75% la superfosfatul concentrat.

Pericolul de descompunere și explozie. Descompunerea poate avea loc în cazul îngrășămintelor chimice cu azot, explozia fiind posibilă la azotatul de amoniu. Temperatura critică de explozie este în jur de 300°C, însă, o descompunere lentă, cu formarea de oxizi de azot care sînt gaze toxice, poate avea loc și la temperaturi mai joase. În condiții necorespunzătoare de păstrare se pot descompune parțial și îngrășămintele cu azot sub formă amidică. Evitarea exploziilor impune interzicerea păstrării materialelor inflamabile și fumatul în depozit, evitarea amestecului azotatului de amoniu cu substanțe organice, favorizante ale procesului de explozie.

Depozitul de îngrășăminte. În fermă se poate amenaja un depozit special pentru păstrarea îngrășămintelor sau poate fi utilizată, în acest scop, o magazie ce îndeplinește condițiile de depozitare a îngrășămintelor solide.

Depozitul trebuie să asigure conservarea însușirilor bune ale îngrășămintelor și să evite pierderile de substanță activă prin retrogradare sau descompunere. Amplasarea lui se face departe de alte clădiri (minimum 60 m), încît în caz de incendiu să se evite pericolul extinderii acestuia. Construcția trebuie așezată pe un teren uscat, ferit de umezeală și igrasie, cu apa freatică la adîncime mare, spre a nu permite ascensiunea capilară. Nu se amplasează în vecinătatea locului de depozitare a furajelor.

Scanned with OKEN Scanner

Accesul la magazie se face pe un drum pietruit sau betonat, cu suficient spațiu rezervat manevrării mijloacelor de transport. Poate fi amenajat un singur depozit pentru toată întreprinderea sau depozite mici (magazii) pentru fiecare fermă.

Dimensionarea depozitului se face în raport cu cantitatea de îngrășăminte ce se acumulează pentru o campanie de lucru sau pentru toată cantitatea de îngrășăminte necesare anual în gospodărie. Se ține seama de volumul ocupat de o tonă îngrășământ și de înălțimea admisibilă la depozitarea sacilor în stivă sau a îngrășămintelor în vrac. Considerînd 2 m înălțimea medie de depozitare, suprafața efectiv construibilă pentru depozitarea unei tone de îngrășământ va fi de circa 0,63 m².

Construcția se poate face cu pereți din zidărie sau din alte materiale utilizabile în acest scop, ieftine, rezistente la atacul produs de oxizii ce rezultă din descompunerea îngrășămintelor. Trebuie să evite variațiile mari de temperatură și circulația curenților de aer. Pardoseala se face din beton, asfalt sau poate fi o argilă bine tasată, așezată pe un strat de egalizare din nisip și pietriș spre a se evita ascensiunea capilară a apei din sol. Acoperișul se confecționează din țiglă sau plăci de azbociment așezate pe o astereală de scîndură acoperită cu carton asfaltat. Nu se recomandă tabla întrucît degajările inevitabile de amoniac și oxizi din îngrășăminte o deteriorează rapid. Ușile de intrare în depozit trebuie să permită pătrunderea mașinilor pentru încărcarea sau descărcarea îngrășămintelor.

Interiorul depozitului se compartimentează cu elemente mobile pentru crearea de spații rezervate diverselor sortimente de îngrășăminte livrate în vrac (fig. 5.23). Depozitul poate fi dotat cu cărucioare pentru transportat saci cu îngrășăminte, cu mașini mobile avînd încărcător frontal, cu elevatoare cu șnec, mașini pentru măcinarea îngrășămintelor aglomerate în bulgări din cauza higroscopicității etc.

Depozitul trebuie prevăzut și cu spații destinate circulării vehiculelor, staționării mașinilor ce deservesc depozitul, eventual spații pentru mărunțirea și amestecul de îngrășăminte. Volumul interior al spațiului de depozitare nu poate fi cu mult inferior volumului necesar adăpostirii întregii cantități de îngrășăminte utilizabile anual de întreprinderea agricolă.

Depozitele mari, destinate centrelor agrochimice, sînt construcții speciale care pot înmagazina cantități de îngrășăminte pentru o suprafață de circa 8 000 ha, dotate cu utilajul necesar introducerii îngrășământului în depozit, cu utilaj de încărcare și măcinare. Asemenea construcții au fost tipizate în R. D. Germană (fig. 5.24). Îngrășământul neambalat nu se sprijină pe pereții depozitului, ci se prevăd pereți interiori din beton armat. Capacitatea halei poate fi de 5 000—10 000 t, ceea ce revine la 3,36—4,31 t/m², la suprafața efectiv ocupată de îngrășăminte adăugîndu-se spațiile rezervate pentru circulația mașinilor în interior.

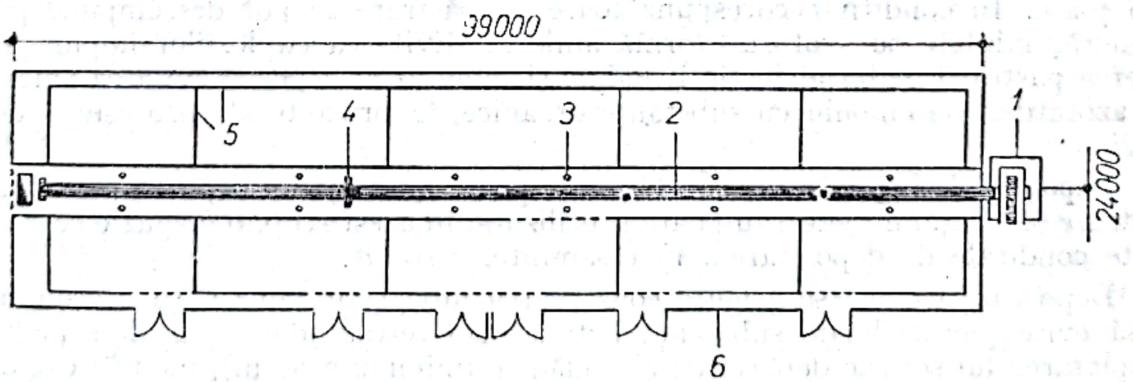


Fig. 5.23. Schema tehnologică a depozitului de păstrare a îngrășămintelor în întreprinderea agricolă:

1 — spațiu de primire a autocamioanelor; *2* — linie de transport interior; *3* — pîlnie în care se descarcă îngrășământul; *4* — vagonet pentru transport interior; *5* — peretele despărțitor al boxelor; *6* — depozitul de îngrășăminte.

Scanned with OKEN Scanner

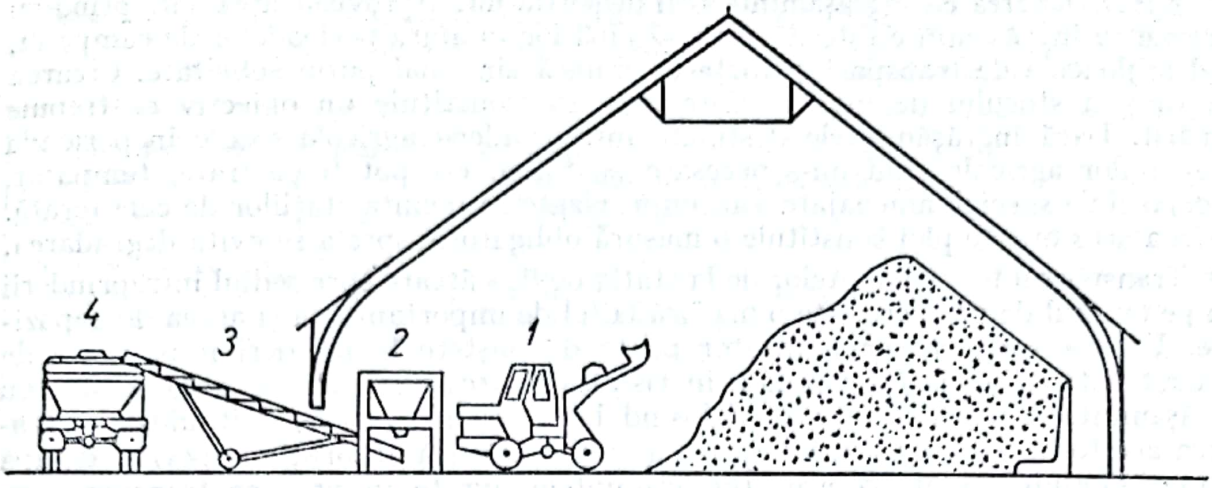


Fig. 5.24. Schema depozitului de păstrare intermediară a îngrășămintelor (tipul din lemn, R.D.G.):
1 — Fadroma L-2 A; *2* — pîlnie; *3* — bandă transportoare; *4* — vehicul de transport.

Depozitarea îngrășămintelor. La depozitarea îngrășămintelor se vor asigura condiții de evitare a aglomerării, a incendiilor și a exploziilor.

Îngrășămintele ambalate în saci se stivuiesc la înălțimea de 10—12 rînduri de saci, nu mai mult pentru evitarea presiunilor mari și aglomerarea îngrășămintelor din ambalajele de la bază. Stivele se construiesc la o distanță de circa 70 cm de peretele depozitului. Îngrășămintele provenite din saci rupți sau deteriorați se depozitează separat.

Îngrășămintele simple sau complexe livrate în vrac se depozitează, fiecare separat, în boxe despărțite prin pereți din scîndură gudronată. Amestecul de îngrășăminte incompatibile sau cu compatibilitate scăzută, rezultat întîmplător, se aplică în timpul cel mai scurt pe teren spre a se evita înrăutățirea însușirilor fizice și aglomerarea. Fiecare boxă sau compartiment cu sortimente de îngrășăminte trebuie să poarte o tăbliță pe care se specifică tipul de îngrășămînt și data intrării în depozit.

În depozitul de îngrășăminte nu se admite păstrarea unor produse care degajă vapori (cartof, sfeclă, legume, fructe).

Măsuri de prevenire a incendiilor. În depozitul de îngrășăminte se interzice consumul de alcool, fumatul și folosirea surselor de iluminat deschise. De asemenea, în depozit nu se folosesc instalații de încălzire. Sînt interzise lucrări de sudură, cînd în interiorul depozitului se află azotat de amoniu. Păstrarea furajelor, a produselor inflamabile și a celor toxice este, de asemenea, interzisă în același spațiu cu îngrășămintele. Amestecul de azotat de amoniu cu uleiuri minerale și vegetale, cu grăsimi animale, cu cărbuni, naftalină, materiale combustibile (lemn, bumbac, fibre vegetale, gudroane, vaselină, păcură) poate favoriza exploziile. Soda, acizii, sulful, permanganatul de potasiu, sulfurile, obiectele de cupru, zinc, plumb, produsele cu mercur favorizează descompunerea azotatului de amoniu.

Varul nestins, în contact cu apa, poate crește temperatura și favoriza exploziile.

Spațiul rezervat depozitării îngrășămintelor ce ar putea produce incendii se spală și întreține curat înainte de depozitare, în locurile unde au fost îngrășămintele livrate în vrac.

După golirea sacilor de îngrășăminte, aceștia se trimit spre întreprinderile industriale pentru recuperarea ambalajului. Nu se recomandă utilizarea sacilor murdari de îngrășăminte la ambalarea altor produse.

Depozitul trebuie să fie dotat cu instalații pentru stingerea incendiilor, afișîndu-se la loc vizibil instrucțiunile de lucru pentru muncitorii și personalul tehnic. Se păstrează ordinea și curățenia.

Scanned with OKEN Scanner

Aprovizionarea cu îngrășăminte și transportul lor. Aprovizionarea întreprinderii agricole cu îngrășăminte este de dorit să aibă loc în afara perioadelor de campanii, cînd mijloacele de transport și forța de muncă sînt mai puțin solicitate. Crearea din timp a stocului de îngrășăminte necesare constituie un obiectiv ce trebuie urmărit. Dacă îngrășămintele destinate întreprinderii agricole sosesc în perioada campaniilor agricole cînd nu-s necesare pe teren, ele pot fi păstrate, temporar, în depozitele special amenajate sau improvizate în incinta stațiilor de cale ferată. Ferirea acestora de ploi constituie o măsură obligatorie spre a se evita degradarea.

Transportul îngrășămintelor de la stația de descărcare spre sediul întreprinderii sau pe terenul de utilizare este o măsură la fel de importantă ca și aceea de depozitare. Un transport necorespunzător poate da naștere la pierderi importante de element activ din îngrășăminte, prin risipă. Încărcarea și descărcarea sacilor cu îngrășăminte se face cu atenție, folosind benzi transportoare, evitîndu-se degradarea acestora. Sacii protejează într-o anumită măsură absorbția vaporilor de apă în îngrășămintele higroscopice. Îngrășămintele livrate în vrac se transportă cu atenția cuvenită spre a se evita pierderile de îngrășămînt, utilizînd măsurile cuvenite de protecție a muncitorilor în timpul lucrului.

Teste recapitulative

5.8.1. Motivați importanța construirii de depozite pentru păstrarea temporară a îngrășămintelor chimice, specificînd criteriile de dimensionare și condițiile tehnice de realizare și dotare a construcției.

5.9. ÎNGRĂȘĂMINTE ORGANICE NATURALE

Sub această denumire se înțeleg diverse produse reziduale obținute în anumite sectoare ale economiei naționale. Ele pot fi utilizate ca îngrășămînt imediat după obținere sau după o prealabilă păstrare și fermentare în vederea îmbunătățirii însușirilor lor. Tot în această grupă se includ turba și îngrășămintele verzi care, deși nu se obțin ca reziduuri, au însușiri de îngrășămînt organic. Clasificarea îngrășămintelor organice naturale se face după proveniență (tabelul 5.39).

Tabelul 5.39

Clasificarea îngrășămintelor organice

Proveniența	Denumirea îngrășămîntului organic
Zootehnie	— Gunoi de grajd obținut de la animale crescute în sistemul clasic de întreținere cu așternut; — Nămoluri (tulbureala) de la complexele de creșterea bovinelor; — Nămoluri (tulbureala) de la complexele de creșterea porcinelor; — Dejecții din sectorul avicol; — Urina și mustul de gunoi de grajd.
Reziduuri orășenești	— Nămoluri provenite de la epurația apelor uzate orășenești; — Compost din reziduuri organice municipale.
Resturi vegetale, compost gospodăresc, culturi speciale	— Compost de curte; paiele ca îngrășămînt; frunzele de sfeclă ca îngrășămînt; — Îngrășăminte verzi.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.39 (continuare)

Proveniența	Denumirea îngrășămîntului organic
Produse destinate sectorului horticol	— Turba — Compostul din coajă de rășinoase — Composturi horticole
Reziduuri de la industrii alimentare	— Nămoluri de la distilerii vinicole și de la fabricarea berii Reziduuri celulozice de la fabricarea hîrtiei — Reziduuri de la tăbăcării
Reziduuri animaliere speciale	Guano; făină din resturi de la abatoare (sînge, coarne, copite etc.).

Principalele lor caracteristici sînt:

— au utilizare locală deoarece, avînd volum mare și conținut scăzut de substanță activă, din motive economice nu se transportă la distanțe mari, utilizîndu-se pe terenuri învecinate locului de obținere, în cantități de ordinul tonelor sau zecilor de tone la hectar (excepție fac turba și compostul de rășinoase);

— calitatea lor se apreciază funcție de conținutul în substanțe minerale, forme totale și forme ușor accesibile plantelor, de conținutul în substanțe organice, de prezența germenilor patogeni și a metalelor grele (Cr, Ni, Cd, Hg etc.);

— constituie o sursă energetică pentru microorganismele solului. Din descompunerea lor rezultă produși ca CO_2, acizi organici, aminoacizi, glucide simple etc., care măresc mobilitatea elementelor nutritive existente în sol, îmbunătățesc nutriția plantelor. Îngrășămintele organice se comportă ca un factor antientropic ce schimbă, într-o anumită măsură, sensul general al reacțiilor chimice ce se desfășoară în mod spontan în sol cu pierdere de energie, contribuind astfel la creșterea fertilității solului;

— reprezintă o cale de restituire către sol a substanțelor minerale îndepărtate anual cu recoltele. Acest principiu, cunoscut din antichitate, are semnificația unei legități în agricultura intensivă contemporană;

— îngrășămintele organice constituie sursă de substanțe nutritive și dioxid de carbon.

Deși consumul îngrășămintelor industriale s-a dezvoltat mult în ultimele decenii, criza mondială de energie fosilă readuce în actualitate toate formele de îngrășăminte organice, care rămîn de neînlocuit pe solurile destinate anumitor culturi (legumicultură etc.), cărora le îmbunătățesc fundamental însușirile fizico-chimice și biologice. Gunoiul de grajd a furnizat, în 1985, doar 1/4 din totalul substanței active ($N + P_2O_5 + K_2O$) folosită în agricultura țării noastre, ceea ce reprezintă aproape jumătate din posibilități. În R.F.Germania (F l a i g și colab., 1978) se acoperea, în 1971, peste 50% din elementele NPK folosite ca îngrășămînt prin utilizarea tuturor surselor de reziduuri organice, ca mijloc principal de refacere a humusului.

5.9.1. GUNOIUL DE GRAJD

Alcătuire și compoziție. Gunoiul de grajd se obține ca produs secundar în sistemele de întreținere tradițională a animalelor. El a constituit timp de milenii singurul îngrășămînt din agricultura premodernă, iar în cea contemporană deține încă un loc important. Este alcătuit din trei componente: dejecții solide (fecale), dejecții lichide (urina) și materialul folosit ca așternut.

Scanned with OKEN Scanner

Dejecțiile solide sînt formate din apă și substanțe organice nedigerabile sau nedigerate în organismul animal. În dejecțiile solide se elimină 30—50% din substanța organică a furajelor consumate de animale, circa 80% din P, 60% din K și 50% din N existente în hrană. Restul substanțelor organice sau minerale din hrană constituie partea digerabilă, folosită în organismul animal ca material de sinteză sau energetic, utilizabilă în diverse procese fiziologice și biochimice, care se elimină parțial prin respirație sau prin urină. Proporția între ceea ce se elimină sub formă de fecale și ceea ce se elimină prin respirație sau prin urină depinde, la aceeași specie de animale, de natura rației furajere. În alimentația cu nutrețuri concentrate (uruieli, nutrețuri combinate, tărîțe etc.) se elimină procentual mai puțină substanță organică sub formă de fecale, comparativ cu rația alcătuită din nutrețuri grosiere, materialul fiind mai bine digerat. Azotul din compușii organici ai nutrețurilor concentrate este atras în mare parte în procesele de metabolism, fiind eliminat apoi parțial prin urină, în timp ca azotul nutrețurilor greu digerabile (paie) este foarte puțin metabolizat, cea mai mare parte eliminîndu-se prin fecale.

Compoziția chimică a fecalelor variază în funcție de specie, vîrsta animalelor, de felul nutrețurilor consumate. Cele de porcine și bovine conțin multă apă (78—80%) și puțină substanță uscată; cele de ovine și cabaline sînt mai bogate în substanță uscată (tabelul 5.40). Totodată, fecalele de porcine, bovine și cabaline sînt mai bogate în N, P și K comparativ cu cele de ovine. Aceasta se explică prin rația alimentară a speciilor de animale menționate, care include nutrețuri concentrate, bogate în proteină și în alți compuși ușor asimilabili. Conținutul ridicat de substanțe ce conțin azot și fosfor are repercusiuni asupra vitezei de desfășurare a procesului de fermentare în platforma de gunoi, care decurge repede și cu producere de căldură (S a u e r l a n d, 1969).

Tabelul 5.40

Conținutul de substanță uscată, substanță organică și elemente nutritive din fecalele și urina animalelor (după diverși autori)

Specia	Substanța uscată (%)	Substanța organică (%)	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	Ca (%)	MgO (%)
		Fecale					
Bovine	20	17	0,30	0,18	0,10	0,10	0,12
Cabaline	24	23	0,44	0,35	0,35	0,15	0,11
Suine	18	17	0,60	0,50	0,38	0,05	0,10
Ovine	37	30	0,55	0,20	0,20	0,40	0.15
		Urină					
Bovine	7,5	3,0	0,58	0,01	0,49	0,01	0,06
Cabaline	11,0	7,0	1,55	0,01	1,50	0,45	0,22
Suine	6,0	2,5	1,95	0,01	2,26	0,16	0,08
Ovine	12,5	8,0	0,43	0,07	0,83	0,01	0,32

În raport cu vîrsta, dejecțiile provenite de la animalele de muncă și de la cele productive conțin 94%, 98% și, respectiv, 98% din N, P și K existente în nutrețul consumat; la cele tinere, o parte din N, P și K existente în nutrețuri (20% din N, 20% din P și 5% din K) sînt reținute în organismul animal și utilizate în procesele de metabolism și creștere în general (G i s i n g e r, 1960).

Cantitatea de dejecții eliminate zilnic (24 ore) de un animal adult variază în funcție de specie, rasă, regim de furajare.

O vacă elimină anual 6—10 t fecale în care se află echivalentul a 1,2—1,8 tone substanță uscată, 21—30 kg N, 14—20 kg P_2O_5 și 7—10 kg K_2O. Raportul între

Scanned with OKEN Scanner

fecale și urină depinde de specie. În timp ce la bovine, cabaline și ovine cantitatea de dejecții solide reprezintă dublul greutății celor lichide, la suine, dimpotrivă, dejecțiile solide constituie doar 1/2 din greutatea celor lichide. Tineretul elimină cantități mai mici de dejecții. Fecalele eliminate de o vacă cu greutate de 500 kg sînt echivalentul celor eliminate de tineret avînd greutatea vie: 400 kg la juninci în vîrstă de 1,5—2,5 ani; 800 kg la tineretul între 0,5—1,5 ani și 1 200 kg la viței sub 6 luni.

În România rezultă circa 31 mil. tone dejecții solide provenind de la bovine, suine și ovine, al căror conținut în NPK se estimează la 140 000 t N, 93 000 t P_2O_5 și 60 000 t K_2O. La aceste cantități se adaugă cele existente în urină. Volumul relativ mare de dejecții provenite anual din zootehnie atrage atenția pe de o parte asupra consumului de energie necesar evacuării lor din adăposturi, pe de altă parte se impune recuperarea acestei energii din dejecții prin măsuri de păstrare și folosire rațională a acestora ca îngrășămînt.

Dejecțiile lichide (urina) sînt alcătuite din apa eliminată de organismul animal prin rinichi, din produsele de scindare a substanțelor proteice în procesele de metabolism (uree, acid uric, acid hipuric, creatinină, acizi aminici), din diverse substanțe minerale sub formă de ioni (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, $H_2PO_4^-$ etc.).

Compoziția lor chimică variază în funcție de specie, de vîrstă, de natura nutreturilor consumate de animale (vezi tabelul 5.40). Aproximativ 1/2—2/3 din azotul existent în nutreturile consumate de animale și cea mai mare parte din potasiu se elimină prin urină: fosforul, dimpotrivă, se elimină prin fecale și extrem de puțin prin urină. Compușii organici cu azot se descompun relativ repede sub acțiunea enzimelor secretate de bacterii cu formare de amoniac, care se poate volatiliza. La eliminarea din organismul animal, urina nu conține bacterii decît în cazuri excepționale (îmbolnăviri). Flora bacteriană se instalează ulterior. Conținutul ridicat de potasiu din urină face ca solurile pajiștilor din vecinătatea locului de stabulație să se îmbogățească în potasiu, care, acumulîndu-se excesiv în plantele consumate de animale, dă naștere la îmbolnăviri de tetanie. Evitarea îmbolnăvirii se face lungind treptat durata zilnică de pășunat primăvara. Pe de altă parte, plantele conțin prea puțin fosfor în raport cu conținutul ridicat de potasiu, ceea ce dă naștere la tulburări de reproducție (H a s l e r, 1969).

Așternutul este o componentă importantă a gunoiului de grajd. Utilizarea lui îndeplinește dublu scop: menține igiena corporală a animalelor și îmbunătățește, sub raport cantitativ și calitativ, însușirile gunoiului prin absorbția gazelor (NH_3) și a dejecțiilor lichide. Așternutul poate fi format din paie, turbă, frunze de copaci, rumeguș de lemn, alte produse adecvate. Paiele, turba și frunzele au capacitate mare de absorbție a urinei și de reținere a amoniacului, ele înseși conținînd elemente nutritive. Rumegușul reține mai puțin azot amoniacal, gunoiul fermentează mai lent (10—12 luni), iar după aplicarea pe teren favorizează dezvoltarea viermilor sîrmă, dăunători mai ales în pomicultură. Insuficiența așternutului mărește pierderile de azot amoniacal și de urină atît în adăposturi cît și în timpul fermentării în platforma de gunoi. Paiele tocate rețin mai bine gazele și urina. În ele se absoarbe o cantitate de urină echivalentă cu de 2—3 ori greutatea lor.

Cantitatea de paie folosite zilnic drept așternut variază funcție de specie, de sistemul de întreținere a animalelor. În cazul bovinelor și porcinelor, la care fecalele sînt foarte bogate în apă, mai ales cînd animalele consumă nutreturi suculente (sfeclă etc.), cantitatea de așternut este mai mare decît la cabaline sau ovine. În sistemul clasic de întreținere se recomandă zilnic pentru un animal 4—6 kg paie la bovine, 3—5 kg la cabaline, 0,5—1,0 kg la ovine, 6—7 kg la scroafe cu purcei și 1—2 kg la tineret porcin la îngrășat. În sistemele intensive de creștere a animalelor se folosește mai puțin așternut sau acesta lipsește.

Îndepărtarea gunoiului din spațiul ocupat de animal în adăpost, spre interval, se face manual, iar de aici spre exterior sînt utilizate mijloacele mecanice.

Scanned with OKEN Scanner

Platforma de gunoi. Gunoiul de grajd evacuat zilnic din adăposturile animalelor poate fi utilizat în stare proaspătă ca îngrăşământ sau poate fi depozitat în platforme speciale pentru o prealabilă fermentare şi înnobilare, înainte de a fi utilizat. Folosirea gunoiului în stare proaspătă prezintă următoarele neajunsuri:

— conţine mare parte din N şi P în compuşi organici, accesibili plantelor pe măsura descompunerii lor biochimice, imediat accesibil fiind numai azotul amoniacal;

— afinează puternic solul, favorizînd pierderi de apă prin evaporare;

— dacă gunoiul este păios, microorganismele consumă azotul mineral existent în sol pentru formarea plasmei lor, devenind concurent al plantelor cultivate.

Unii specialişti recomandă folosirea gunoiului ca îngrăşământ după o prealabilă fermentare în platforme. Gunoiul nefermentat poate fi utilizat la fertilizarea solurilor argiloase, umede şi reci care, pe această cale, devin mai aerisite şi cu însuşiri fizice mai favorabile plantelor.

Faptul că gunoiul de grajd se aplică pe teren numai în anumite perioade ale anului impune, de asemenea, păstrarea şi fermentarea lui pînă la folosire.

Platforma reprezintă spaţiul de depozitare, păstrare şi fermentare a gunoiului de grajd. Amenajarea ei se face la peste 100 m distanţă de grajduri, funcţie de condiţiile locale, departe de locuinţele muncitoreşti şi de fîntîni, spre a se evita contaminarea apei prin infiltraţie. Terenul trebuie să fie la o cotă superioară celui din jur, spre a nu permite colectarea apelor rezultate din precipitaţii, care ar deranja procesul aerob de fermentaţie. Totodată trebuie să fie departe de drumurile de aducere a furajelor spre a se evita transmiterea bolilor de la un adăpost la altul.

Platforma se amenajează de obicei la suprafaţa solului, avînd partea de la bază formată dintr-o placă de beton, din piatră zidită sau din argilă tasată, de formă dreptunghiulară şi orientată într-un plan înclinat pe latura lungă, cu o rigolă pe mijloc pentru scurgerea mustului de gunoi către bazinul de colectare (fig. 5.25).

Dimensiunile platformei se stabilesc funcţie de numărul de animale, de specie, de tasarea gunoiului în platformă şi de faptul dacă transportul gunoiului la cîmp se face o singură dată sau de mai multe ori pe an. Dacă se transportă la cîmp o dată la 3 sau la 6 luni, considerînd înălţimea platformei 2 m şi densitatea gunoiului 0,7—0,8 t/m³, pot fi utilizate, orientativ, suprafeţele din tabelul 5.41.

Valorile mici sînt valabile pentru gunoiul tasat în platformă, iar cele mari pentru cel afînat. Densitatea gunoiului din platformă variază între 0,5—0,9, în funcţie de tasare, conţinutul în substanţă uscată fiind între 18—30%.

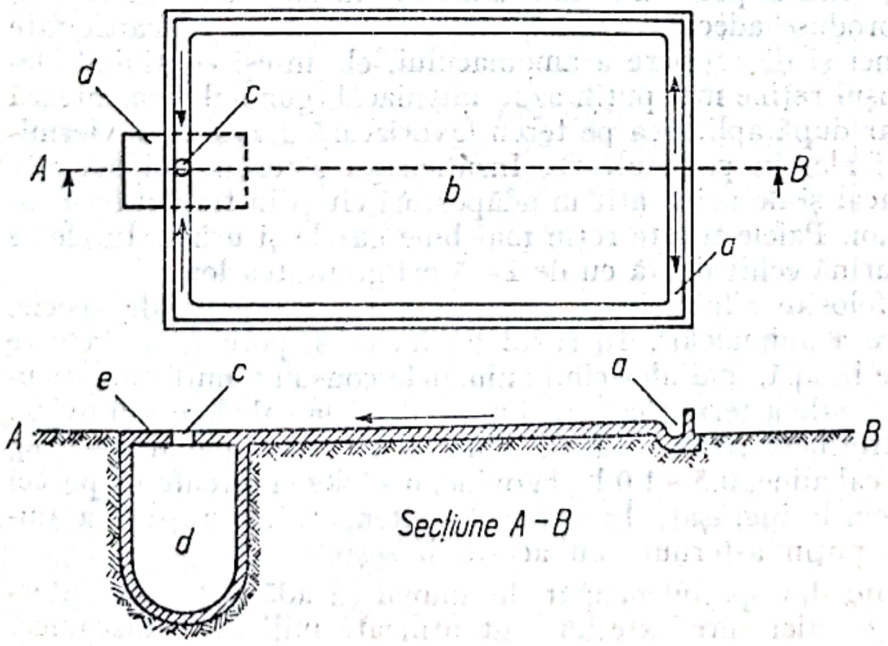


Fig. 5.25. Schema de amenajare a platformei de gunoi: *a* — rigolă de scurgere; *b* — suprafaţa platformei; *c* — orificiu de scurgere a mustului în bazin; *d* — bazin de colectare a mustului din gunoi; *e* — capac de închidere a bazinului cu must din gunoi.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.41

Suprafața platformei de gunoi pentru un animal (m²)

Specia	Durata de fermentare în platformă	
	3 luni	6 luni
Vaci de lapte, 550—560 kg	2—3	5—6
Bovine la îngrășat, 400 kg	1—1,5	2—3
Cabaline de tracțiune	2—3	4—5
Porcine de peste 70 kg	0,3	0,5
Ovine	0,2	0,4

Densitatea lui se schimbă pe parcursul fermentării, fiind 0,4 la cel proaspăt și afînat, 0,7 la cel îndesat, 0,8 pentru gunoi semidescompus și 0,9 pentru gunoiul bine descompus.

În timpul fermentării, volumul gunoiului se micșorează, rezultînd un *must de gunoi*. Acesta se colectează într-un bazin confecționat din beton, ale cărui dimensiuni se stabilesc în funcție de mărimea platformei și de intervalul dintre două goliri. Se apreciază că este suficient 1,3 m³ bazin pentru fiecare 100 t gunoi din platformă, de obicei volumul total fiind peste 3 m³. Dacă același bazin servește și la colectarea urinei din grajduri, acesta se dimensionează considerînd că rezultă lunar 0,5 m³ urină de la o vită mare, golirea făcîndu-se la fiecare două săptămîni în perioada stabulației. Înainte de pătrunderea în bazin, urina trece printr-un decantor (un mic bazin de 0,5 m³) în care se reține fragmentele solide, acestea îndepărtîndu-se periodic. Bazinul se prevede la suprafață cu o deschidere acoperită cu capac. Mustul de gunoi și urina pot fi utilizate direct ca îngrășămînt pe cîmp, pot fi folosite la prepararea composturilor sau stropirea periodică a gunoiului din platformă care, uscîndu-se, fermentează greu.

Așezarea gunoiului în platformă se face cu mijloace mecanizate, începînd de la unul din capetele acesteia, atingînd înălțimea de 2 m, după care se începe o nouă porțiune în care gunoiul se clădește, de asemenea, treptat pînă la aceeași înălțime. Se obține un gunoi în diverse stadii de descompunere în aceeași platformă, utilizabil după nevoi.

Viteza de fermentare a gunoiului în platformă depinde de aerisire, temperatură, umiditate. Un gunoi excesiv de umed sau excesiv de uscat fermentează lent. Umiditatea favorabilă fermentării este între 50—75%, reglarea acesteia făcîndu-se prin udarea periodică și drenarea excesului de must. Dacă gunoiul este păios, umed și suficient de aerisit, fermentarea se desfășoară rapid, cu ridicarea temperaturii și cu pierderi importante de substanță organică, și invers. Se deosebesc 3 tipuri de fermentare a gunoiului:

1. *Fermentarea la rece* are loc cînd platforma este slab aerisită, se dezvoltă microorganisme anaerobe, temperatura gunoiului atingînd maximum 20—25°C în timp de iarnă și 30°C vara. Fermentarea decurge lent, după 3—4 luni rezultînd un gunoi semidescompus, din care s-a pierdut 10—15% din materia organică și 10—30% din totalul azotului inițial. Dioxidul de carbon ce rezultă din fermentare rămîne în platformă, creînd o tensiune ridicată ce împiedică descompunerea carbonatului de amoniu format. Se obține așa-numitul „gunoi rece".

2. *Fermentarea la cald* are loc cînd materialul din platformă este suficient de afînat, aerisit și umed, ceea ce favorizează dezvoltarea unei microflore aerobe. În aceste condiții procesul de fermentare decurge rapid, cu dezvoltarea unei temperaturi ce poate atinge 60°C se pierde 40—50% din substanța organică inițială și cantități mai mari de amoniac comparativ cu fermentarea la rece. Rezultă așa-numitul „gunoi cald".

Scanned with OKEN Scanner

3. *Fermentarea mixtă.* În primele zile după așezarea gunoiului în platformă se produce o fermentare aerobă, apoi, prin tasare, începe treptat fermentarea în condiții anaerobe sau parțial aerobe. Temperatura gunoiului atinge maximum 40°C și se pierde 30—40% din substanța organică inițială, iar pierderile de amoniac sînt inferioare celor de la fermentarea la cald.

S-ar mai putea menționa, informativ, fermentarea în adăposturile animalelor, sub picioarele acestora, unde, așezîndu-se zilnic un nou așternut peste dejecțiile din timpul nopții și zilei precedente, se formează o pătură de gunoi a cărui grosime crește treptat. O asemenea practică are neajunsul că degajările de gaze (NH_3, CO_2 etc.) pot avea efecte nocive asupra organismului animal, totodată putînd apărea îmbolnăviri la picioare. Procedeul se practică în cazul ovinelor.

După 3—4 luni de fermentare în platformă, conținutul gunoiului în elemente minerale crește, variind în limite largi, în funcție de proveniență și condițiile de fermentare (tabelul 5.42). Se estimează că gunoiul de bovine, cabaline și porcine conține 20—25% substanță uscată, restul fiind apă, iar raportul C:N este circa 20:1.

Tabelul 5.42

Conținutul mediu de elemente nutritive din gunoiul de grajd după fermentare (după Finck, 1979)

Macroelemente %			Microelemente, ppm		
Specificare	Limite	Media	Specificare	Limite	Media
N	0,2 —0,6	0,5	Mn	30—50	40
P	0,04—0,3	0,1	Zn	10—20	15
K	0,1 —0,8	0,5	B	3—5	4
Ca	0,07—1,0	0,8	Cu	1—3	2
Mg	0,06—0,3	0,1	Mo	0,1—0,2	0,15

Micșorarea pierderilor de amoniac din platformă se face pe următoarele căi:

— sporirea cantității de paie din platformă sau de așternut în adăpostul vitelor. Amoniacul ce rezultă din procesele biochimice este consumat de microorganismele dezvoltate în număr mare pentru descompunerea glucidelor din paie;

— adăugînd făină de fosforite sau superfosfat simplu în platformă. Fosfatul monocalcic din superfosfat reține amoniacul conform reacției:

$$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + NH_3 + H_2O = NH_4H_2PO_4 + CaHPO_4 \cdot 2H_2O$$

Reacții similare măresc solubilitatea fosforitei:

$$Ca_5(PO_4)_3 \cdot OH + 4H_2CO_3 + 5H_2O = 3CaHPO_4 \cdot 2H_2O + 2Ca(HCO_3)_2$$

Se folosesc 30—40 kg fosforită pentru fiecare tonă de gunoi. Cantitatea adăugată se stabilește astfel încît o dată cu doza de gunoi să se aplice o cantitate de fosforită corespunzătoare cerințelor. Dacă, de exemplu, solul se fertilizează cu 20 t/ha gunoi, se aplică concomitent 600—800 kg făină de fosforite la hectar. Gunoiul îmbogățit cu făină de fosforite se recomandă pe soluri acide.

Superfosfatul se adaugă în cantitate de 2 kg substanță fizică la o tonă de gunoi, ceea ce înseamnă că la o fertilizare cu 20 t gunoi/ha revin circa 400 kg substanță fizică sub formă de superfosfat (72 kg P_2O_5, dacă se folosește superfosfat simplu cu 18% P_2O_5).

Sulfatul de calciu din superfosfatul simplu poate, de asemenea, contribui la reținerea amoniacului din platformă:

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O + (NH_4)_2CO_3 = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3 + 2H_2O$$

Un asemenea gunoi este indicat pentru soluri saline și alcaline.

Scanned with OKEN Scanner

Platforma poate fi amenajată și în cîmp, pe terenul destinat fertilizării cu gunoi de grajd, la capătul tarlalei. Înainte de depozitarea gunoiului pe suprafața rezervată platformei, se așază un strat de paie pentru absorbția mustului de gunoi. Clădirea gunoiului se face începînd de la unul din capetele spațiului dreptunghiular destinat platformei, așa cum s-a arătat.

Procese biochimice în timpul fermentării gunoiului de grajd. În platforma de gunoi au loc procese biochimice care modifică fundamental componentele acestuia. Procesul numit „fermentarea gunoiului de grajd" este în primul rînd un proces de descompunere a substanței organice, cu formarea altor compuși cu moleculă mai simplă, și în al doilea rînd este un proces de sinteză a substanțelor organice din plasma microbiană. Microorganismele ce activează în acest sens provin pe de o parte din tubul digestiv al animalelor, pe de alta se instalează ulterior o floră microbiană nouă. Activitatea acestora crește cu temperatura pînă la 70°C, la temperaturi superioare activitatea lor scade rapid, pentru ca la 80°C să înceteze.

Reacțiile de descompunere variază în funcție de natura constituenților din gunoiul de grajd: glucide (celuloză, hemiceluloză, pentozani, lignină etc.), substanțe cu azot (proteine, aminoacizi etc.), lipide, acizi organici etc. Unele din aceste substanțe provin din urină, altele din dejecțiile solide sau din așternut.

Descompunerea substanțelor cu azot din urină. Urina animalelor sănătoase nu conține microorganisme în momentul eliminării ei, infecția avînd loc ulterior după amestecul cu dejecții solide. Conține uree (3,1% la cabaline; 1,85% la bovine, 2% la om), acid hipuric (0,5% la cabaline și 1,65% la bovine), acid uric și alte substanțe organice cu azot ce se află în cantități mai mici. Toate aceste substanțe rezultă din hrană în procesele metabolice, ca substanțe pe care organismul le elimină deoarece devin nocive (detoxicare). Astfel, acidul benzoic, produs final de degradare al fenilalaninei și al altor compuși, este eliminat prin urină sub forma acidului hipuric. Erbivorele mari elimină zilnic pînă la 250 g acid hipuric (H. V a s i l i u, 1938).

Ureea se descompune relativ repede sub acțiunea enzimei urează secretată de bacterii, cu formarea de NH_3, CO_2 și H_2O:

$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O \longrightarrow (NH_4)_2CO_3;$$

$$(NH_4)_2CO_3 \longrightarrow 2NH_3 + CO_2 + H_2O$$

Descompunerea are loc atît în condiții aerobe cît și anaerobe.

Acidul hipuric (benzoilglicocolul) se descompune mai lent decît ureea, prin hidroliză, cu formare de acid benzoic și glicocol (acid α-amino-acetic). Glicocolul se descompune, și el, în acid glicolic și amoniac:

$$\underset{\text{Acid hipuric}}{C_6H_5-CO-NH-CH_2-COOH} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{Acid benzoic}}{C_6H_5-COOH} + \underset{\text{Glicocol}}{NH_2-CH_2-COOH}$$

$$NH_2-CH_2-COOH + H_2O \longrightarrow HOCH_2-COOH + NH_3.$$

Acidul uric se găsește în cantități mult mai mici în urina animalelor, comparativ cu ureea și acidul hipuric, se descompune mai lent, fiind mai stabil. Descompunerea se face în trepte, sub acțiunea enzimelor alantoinaza, ureaza etc. (fig. 5.26).

Din cele expuse rezultă că tot azotul din combinațiile organice provenite din urina animalelor este eliberat sub formă de amoniac, care se pierde în atmosferă, dacă nu sînt luate măsuri de reținere.

Scanned with OKEN Scanner

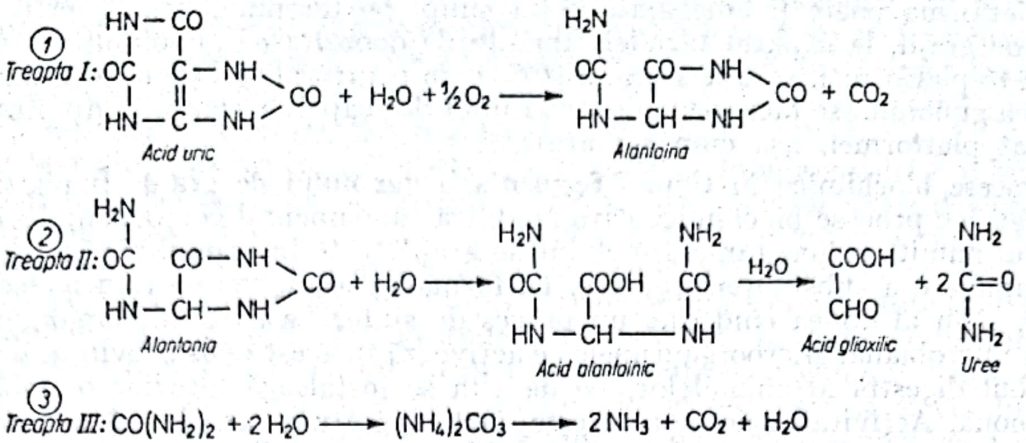


Fig. 5.26. Reacții de descompunere a acidului uric.

Descompunerea dejecțiilor solide și a așternutului. *Glucidele* sînt componentele principale ale produselor folosite ca așternut și ale dejecțiilor solide. Ele se descompun pînă la CO_2 și apă sub acțiunea unor bacterii (genurile *Pseudomonas, Cytophaga* etc.) sau ciuperci (genul *Aspergillus*). Descompunerea are loc în condiții aerobe și anaerobe sub acțiunea enzimei *celulaza*, care nu se găsește în sucul gastric dar este secretată de bacterii.

La descompunerea *aerobă* a celulozei (polizaharidul cu ponderea cea mai importantă) rezultă CO_2 și apă:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O + n6O_2 = n(6CO_2 + 6H_2O) - q\ KJ$$

Datorită proceselor de oxidare se dezvoltă o mare cantitate de căldură, fermentarea aerobă fiind o „fermentare la cald".

În condiții „parțial aerobe", cînd gunoiul din platformă este bine tasat, descompunerea se face cu formare de acizi organici (acetic, butiric), CO_2 și hidrogen (fermentarea hidrogenică), sub acțiunea unor bacterii din genurile *Clostridium, Plectridium, Caduceus*, la care se asociază actinomicete și ciuperci.

Intensitatea procesului de fermentare depinde de compoziția gunoiului de grajd și de condițiile favorabile activității bacteriilor (aerație, umiditate, *p*H etc.). Cînd gunoiul conține multe substanțe organice cu azot sau fără azot ușor fermentabile, descompunerea se face intens. Aerația și umiditatea grăbesc descompunerea. Intensitatea procesului se recunoaște după căldura ce se dezvoltă în timpul fermentării. Bălegarul de cabaline și ovine este mai uscat, conține mai multe substanțe organice cu azot, de aceea se descompune mai rapid decît cel care provine de la bovine și porcine, dezvoltînd o cantitate mare de căldură, utilizabilă la încălzirea răsadnițelor din legumicultură. De aceea se și folosesc termenii de „gunoi cald" și „gunoi rece", în funcție de proveniența lui. Reacția alcalină din platformă, datorită carbonatului de amoniu, favorizează fermentarea metanică, iar reacția neutră este favorabilă fermentării hidrogenice.

În condiții *total anaerobe* are loc o fermentare cu *producere de cărbune:*

$$2(C_6H_{10}O_5)_n \longrightarrow 5nCO_2 + 5nCH_4 + 2nC$$

În platforma de gunoi se întîlnesc condiții anaerobe spre partea de jos a acesteia, cînd stagnează apa sau mustul rezultat din gunoi. Procesul este similar celui din lăcoviștile turboase sau din turbării.

Descompunerea substanțelor proteice. Acestea se descompun, sub acțiunea unui grup de microorganisme din genurile *Bacillus, Proteus, Micrococcus*, în produși mai simpli (polipeptide, aminoacizi) care, la rîndul lor, pot fi descompuși în NH_3, CO_2 și H_2O.

Scanned with OKEN Scanner

Aminoacizii și amoniacul pot forma legături chimice cu glucidele rezultate din descompunere, dînd naștere unor produși noi de culoare brună-negricioasă de natura acizilor humici, care imprimă culoarea caracteristică gunoiului de grajd.

Descompunerea lipidelor. La descompunerea lipidelor participă bacterii și ciuperci, cu formare de glicerină și acizi grași, ca produși intermediari, CO_2 și hidrocarburi, ca produși finali:

$$\begin{array}{l} CH_2-OCO-(CH_2)_n-CH_3 \\ | \\ CH-OCO-(CH_2)_n-CH_3 + 3H_2O \longrightarrow \\ | \\ CH_2-OCO-(CH_2)_n-CH_3 \end{array} \quad \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH + 3CH_3-(CH_2)_n-COOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

Lipide — Glicerină — Acizi grași

$$CH_3-(CH_2)_n-COOH + 3H_2 \longrightarrow CH_3-(CH_2)_n-CH_3 + 2H_2O$$

Acid gras — Hidrocarbură

Sensul procesului de fermentare poate fi apreciat prin analiza gazelor din interiorul platformei de gunoi. Dacă se găsește amestec de $CO_2 + CH_4$ înseamnă că fermentarea se desfășoară anaerob; dacă gazele sînt CO_2 și N_2 (provenit din aer) înseamnă că fermentarea este aerobă, iar cînd sînt prezente N_2, CO_2 și CH_4, procesul este mixt.

Deoarece din substanța organică rezultă gaze (CO_2, CH_4, NH_3) și apă, volumul și greutatea inițială a platformei se micșorează. Conținutul procentual de glucide (celuloză, hemiceluloză) scade pe măsura fermentării gunoiului, crescînd în schimb acela de proteină brută, lignină, azot total, fosfor și potasiu, forme minerale.

Azotul nitric lipsește în gunoiul ce fermentează, deoarece bacteriile nitrificatoare nu activează la temperaturi peste 45°C, ca și în cazul cînd fermentarea are loc anaerob. Nitrificarea se produce intens după încetarea fermentării. Azotul mineral, (NO^-_3, NH_3), ce se formează în timpul descompunerii gunoiului, este consumat de microorganisme pentru formarea plasmei lor.

Dacă gunoiul conține multe glucide și puține protide, iar fermentarea se produce aerob, la descompunere participă și ciuperci, care imobilizează temporar alte cantități de azot în plasma lor. În asemenea condiții fermentarea decurge lent, deoarece microorganismele nu dispun de azotul necesar dezvoltării lor. Pentru fiecare gram de carbon organic oxidat biochimic, microorganismele consumă circa 20 mg N, ceea ce înseamnă un raport C : N de 50 : 1. Cînd acest raport nu este asigurat în mod natural, se adaugă îngrășăminte chimice cu azot (uneori cu fosfor) pentru accelerarea proceselor biochimice.

Determinarea cantității de gunoi de grajd. La stabilirea planului de folosire a îngrășămintelor în întreprinderea agricolă este necesar să se știe ce cantități de gunoi rezultă din fermă, astfel încît diferența să se acopere prin îngrășăminte chimice. Se poate utiliza următoarea formulă:

$$\text{Gunoi proaspăt, kg/24 ore} = \left(\frac{\text{kg s.u. din furaj}}{3} + \text{kg așternut, s.u} \right) \times 4. \qquad (5.6)$$

În general, folosindu-se cantități mici spre moderate de așternut, se pot obține următoarele cantități de gunoi de la o vită mare, într-o perioadă de stabulație de 6 luni: 4—5 t la bovine, 3—5 t la cabaline, 0,8—1,0 t la suine și 0,4—0,5 t la ovine. Cantitatea de gunoi obținut zilnic la o vacă cu lapte este echivalentă celei obținute de la 1,5 cabaline, două juninci pînă la 2 ani, 4—5 porci la îngrășat, 10 oi.

Scanned with OKEN Scanner

Transformarea cantității de gunoi proaspăt în gunoi cu anumit grad de descompunere se face înmulțind cantitatea de gunoi proaspăt cu următorii coeficienți de transformare: 0,7—0,8 pentru gunoi semidescompus; 0,5 pentru gunoi bine descompus; 0,25 pentru obținerea mraniței. Un m^3 de gunoi proaspăt și afînat cîntărește 300—400 kg, gunoiul proaspăt și îndesat cîntărește 700 kg, semidescompus atinge 800 kg, iar puternic descompus cîntărește 900 kg.

În România s-au obținut circa 31 mil. tone gunoi de grajd în anul 1988. Aplicînd 20 t gunoi la hectar se poate fertiliza anual circa 18% din suprafața arabilă, 17% din arabil + plantații de pomi și viță de vie, sau 11% din total agricol.

Stadiile fermentării gunoiului de grajd și accesibilitatea elementelor nutritive din acesta. Posibilitatea absorbției de către plante a elementelor nutritive din gunoiul de grajd aplicat solului depinde de stadiul său de fermentare, de condițiile de mineralizare după introducerea lui în sol, de proveniența gunoiului.

Se deosebesc patru feluri de gunoi, în funcție de stadiile de fermentare:

a) *gunoi puțin fermentat sau proaspăt.* Culoarea paielor este neschimbată, nu-și pierd din rezistență, extractul apos din gunoi are culoare galbenă;

b) *gunoi semifermentat.* Paiele au căpătat culoare brună-negricioasă, au pierdut din rezistență, greutatea gunoiului s-a micșorat cu 10—30%, comparativ cu cel proaspăt;

c) *gunoi bine fermentat.* Paiele nu pot fi distinse cu ușurință, materialul are culoare negricioasă și a pierdut 50% din greutatea inițială, mustul de gunoi este incolor;

d) *gunoi putred sau mraniță.* Se prezintă ca o masă cu aspect pămîntos a cărui greutate este 25% din cea inițială. Fermentarea micșorează volumul gunoiului, iar conținutul de azot și fosfor crește pe măsura fermentării lui (tabelele 5.43 și 5.44).

Tabelul 5.43

Compoziția gunoiului de grajd proaspăt, în funcție de specia de animale (%)
(după Schneidewind)

Specia	Apă	N	P	K	Ca	Mg
Bovine	75	0,45	0,109	0,457	0,320	0,060
Cabaline	71	0,58	0,122	0,440	0,210	0,084
Ovine	68	0,85	0,109	0,562	0,210	0,110
Suine	72	0,45	0,083	0,457	0,035	0,054

Tabelul 5.44

Conținutul de azot și fosfor din gunoiul de grajd în funcție de stadiul de fermentare

Stadiul de fermentare	N	P
Proaspăt	0,50	0,109
Semifermentat	0,60	0,160
Bine fermentat	0,66	0,187
Mraniță	0,72	0,210

Scanned with OKEN Scanner

Indiferent de stadiul fermentării, gunoiul de grajd este un îngrășământ ce conține toate elementele necesare nutriției plantelor, accesibilitatea lor fiind lentă și durînd cîțiva ani, pe măsura mineralizării compușilor organici din acestea. Mineralizarea depinde și de stadiul fermentării gunoiului, de aerisirea și umiditatea solului în care s-a introdus gunoiul, de temperatură, de reacția chimică, fiind mai lentă pe solurile argiloase, reci și cu reacție acidă și mai rapidă pe cele nisipoase, cu reacție neutră. Dacă gunoiul este încorporat prea adînc în sol se descompune lent. Se estimează că circa 50% din substanța organică se mineralizează în primul an după aplicarea gunoiului (S l u i j s m a n s și K o l e n b r a n d e r, 1976).

Accesibilitatea elementelor nutritive din gunoi pentru plante depinde de element. Potasiul se află sub formă de săruri anorganice, solubile și ușor accesibile plantelor indiferent de stadiul de fermentare a gunoiului. Absența ionilor Cl^- și SO_4^{2-}, cu care este asociat acest element în îngrășămintele minerale, conferă întîietate potasiului din gunoiul de grajd, mai ales la culturi sensibile la acțiunea nefavorabilă a concentrațiilor ridicate de clor, cum sînt tutunul, cartoful, vița de vie și tomatele.

Accesibilitatea fosforului din gunoi are loc pe măsura mineralizării compușilor organici sub acțiunea microorganismelor; rezultă anioni ai acidului ortofosforic care formează în sol săruri accesibile plantelor. Substanțele cu însușiri chelatice, provenite din gunoi, frînează fixarea anionilor ortofosforici în compuși greu accesibili plantelor. Așa se explică valorificarea superioară a fosforului din gunoi (20—35% din total) în primul an după aplicare, comparativ cu îngrășămintele minerale (5—20%). Se micșorează, totodată, retrogradarea fosfaților din îngrășămintele chimice introduse în sol.

Accesibilitatea azotului din gunoiul de grajd depinde de mai mulți factori: stadiul de descompunere a acestuia, specia de animale de la care provine, tipul de sol pe care se aplică, condițiile climatice, anotimpul aplicării pe cîmp etc. Din gunoiul semifermentat plantele folosesc mai mult azot în primul an după aplicare în sol, comparativ cu alte stadii de fermentare. Autorii sovietici consideră că prima cultură folosește circa 8% din totalul azotului existent în gunoiul proaspăt, 23% din N existent în gunoiul semifermentat, 18% din cel puternic fermentat și numai 5% din azotul conținut în mraniță. Restul reprezintă efect remanent și pierderi. De fapt gunoiul putred și mranița conține un procent mai ridicat de azot.

Gunoiul proaspăt conține puțin azot accesibil plantelor și numai sub formă amoniacală. El asigură azot, în primul an, culturilor cu perioadă lungă de vegetație: porumb, rădăcinoase furajere, soiuri tardive de cartof, varză de toamnă. Culturile cu perioadă scurtă de vegetație profită puțin de azotul și fosforul existente într-un asemenea gunoi. Dacă gunoiul este păios, microorganismele pot consuma o parte din azotul mineral al solului pentru sinteza plasmei lor, devenind concurent al plantelor cultivate în ce privește consumul de substanțe nutritive. V i e t s (1974) menționează că dacă raportul C : N din gunoi este peste 25, nu se obțin sporuri de producție în anul aplicării acestuia. Dacă gunoiul conține peste 2% N total față de substanța uscată, rezultă 1 kg N mineral la tona de substanță uscată, pentru fiecare 0,1% N în plus. Exemplu: din 4 tone de gunoi de grajd cu 25% substanță uscată și 2,5% N rezultă, în primul an după aplicare, 5 kg N accesibil. Raportul C : N din gunoi este motivul unor mari deosebiri privind coeficientul de accesibilitate a azotului în primul an după aplicare. Efectul remanent va fi și el diferit din aceleași motive. Se estimează (A r n o n, 1976) că 50—60% din N total al gunoiului aplicat are efect direct sau remanent asupra culturilor, 10—20% se pierde prin volatilizare sau denitrificare, iar restul se infiltrează în straturile de sol inferioare celui de distribuție a rădăcinilor.

Valorificarea potasiului și fosforului din gunoiul de grajd în primul an de aplicare are valori superioare sau egale îngrășămintelor minerale. În privința azotului, coeficientul de valorificare a azotului din îngrășămintele minerale este între

Scanned with OKEN Scanner

30—80% din ceea ce s-a aplicat, în timp ce la gunoiul de grajd acesta ajunge numai la 20—25%. De aceea, cînd se folosesc doze moderate sau mari de gunoi de grajd sînt necesare şi îngrăşăminte chimice cu azot în completare. O mare influenţă are şi momentul aplicării gunoiului în sol (tabelul 5.45).

Tabelul 5.45

Valorificarea azotului din gunoiul de diverse proveniențe, în funcție de momentul aplicării lui pe teren (procente din N total, după Sluismans şi Kolenbrander, 1977)

Îngrăşămîntul	Momentul aplicării	Folosința	
		Arabil	Păşune
Gunoi de grajd	Toamna	20	10
	Primăvara timpuriu	40	20
Nămol de bovine	Toamna	25	20
	Primăvara timpuriu	50	35
Gunoi de păsări	Toamna	35	20
	Primăvara timpuriu	65	40
Urină	Toamna	40	35
	Primăvara timpuriu	80	70

Considerînd că o tonă de gunoi conţine 4,5 kg N, 1,09 kg P şi 4,57 kg K (vezi tabelul 5.42), cu o doză de 30 t/ha se aplică 135 kg N, 32,7 kg P şi 137 kg K. Presupunînd coeficienţii de valorificare menţionaţi mai sus (20—25% pentru N, 30% pentru P şi 60% pentru K), rezultă că din 30 t gunoi, în primul an după aplicare, plantele folosesc 27—37 kg N, 9,8 kg P (22,5 kg P_2O_5) şi 82 kg K (98,6 kg K_2O). La formarea producţiei de 5 t/ha porumb boabe se consumă 125 kg N, 22 kg P şi 125 kg K, ceea ce demonstrează nevoia intervenţiei prin îngrăşăminte chimice conţinînd N şi P pentru realizarea acestei recolte. Gunoiul de grajd este, în primul rînd, un îngrăşămînt cu potasiu. Recolta maximă se obţine prin utilizarea concomitentă a îngrăşămintelor organice şi minerale (Boguslawski şi Debruck, 1976).

Efectul remanent al gunoiului de grajd durează 2—3 ani, de aceea coeficienţii de valorificare a elementelor nutritive din primul an după aplicare cresc, atingînd valori superioare celor menţionate mai sus.

Utilizarea elementelor nutritive din gunoiul de grajd depinde şi de fertilitatea solului. Pe soluri sărace în humus, acide sau alcaline, cu însuşiri fizico-chimice puţin favorabile plantelor cultivate, gunoiul de grajd are efecte superioare, crescînd mai mult coeficienţii de valorificare a elementelor nutritive comparativ cu solurile avînd fertilitate ridicată.

Mraniţa conţine de 1,5—2 ori mai mult azot şi fosfor comparativ cu gunoiul de grajd nefermentat (vezi tabelul 5.44), conţinutul de potasiu şi calciu fiind aproximativ acelaşi. Azotul se află în cantităţi neînsemnate în forme amoniacale, de aceea utilizarea lui de către plante devine posibilă prin mineralizare după aplicarea în sol. Mraniţa se foloseşte în legumicultură, la realizarea diverselor amestecuri cu pămînt utilizabile pentru însămînţări în răsadniţe, plantări în ghivece nutritive, aplicări locale (la „cuib") în momentul plantării tomatelor sau verzei în cîmp etc. Obţinerea mraniţei se soldează cu pierderi importante de elemente minerale, în primul rînd azot, prin comparaţie cu gunoiul semifermentat.

Aplicarea gunoiului de grajd în cîmp şi eficienţa lui. Transportul gunoiului de grajd la cîmp se poate face în orice anotimp, în funcţie de posibilităţile locale de transport şi de momentul cînd se urmăreşte încorporarea lui în sol.

La cîmp, gunoiul transportat cu vehicule ce nu efectuează şi împrăştierea se aşază în grămezi distanţate la 15—20 metri, a căror mărime depinde de doza

Scanned with OKEN Scanner

stabilită pentru un ha. Împrăștierea gunoiului se face, în acest caz, manual, încorporarea în sol efectuîndu-se în aceeași zi prin arătură, pentru evitarea volatilizării amoniacului. Gunoiul lăsat un timp în grămezi este supus uscării sub acțiunea vîntului, în prima zi pierzîndu-se 15% din NH_3, iar în a doua zi 25%. Dacă gunoiul se împrăștie pe teren fără a fi imediat încorporat în sol, în cîteva zile pierderile ajung la 50% din totalul NH_3, în funcție de condițiile atmosferice. Gunoiul uscat își pierde însușirea de gonflare.

În agricultura intensivă, transportul și distribuția gunoiului pe teren se fac cu mijloace mecanice, în România folosindu-se mașinile MIG-4 și MIG-6 (destinate pentru culturi de cîmp), MIG-2 (pentru livezi) și MIG-V (pentru plantații de viță de vie), toate lucrînd în agregat cu anumite tipuri de tractoare. În asemenea cazuri se recomandă ca gunoiul să se clădească în platforme mari la capătul tarlalelor, la baza platformei așezîndu-se un strat de paie pentru absorbția mustului din platformă, gunoiul tasîndu-se. Din aceste platforme, gunoiul se împrăștie cu mijloace mecanizate pe teren și se încorporează în sol în aceeași zi prin arătură. Cînd se practică un asolament, gunoiul de grajd se aplică pentru cultura cea mai pretențioasă în privința consumului de substanțe nutritive, în primul rînd pentru cartof, apoi pentru sfeclă și porumb (culturi prășitoare).

Îngrășămintele organice sînt indispensabile culturilor legumicole mari consumatoare de substanțe nutritive, deoarece produc recolte mari pe unitatea de suprafață, unele dintre ele fiind sensibile la concentrații ridicate de săruri în soluția solului, mai ales în primele stadii de vegetație. Îngrășămintele organice măresc capacitatea tampon a solului, puterea de reținere prin adsorbție a cationilor și anionilor, evitînd pericolul fenomenelor de toxicitate prin folosirea unor doze mari de îngrășăminte minerale. Castraveții sînt foarte sensibili la concentrații ridicate de săruri în soluția solului, oferind producții mari dacă se folosește gunoi de grajd asociat cu îngrășăminte minerale. Tomatele, varza și sfecla pentru masă sînt mai tolerante la concentrații ridicate de săruri și dau producții mari după aplicarea gunoiului de grajd. Alte culturi legumicole beneficiază de efectul remanent al gunoiului. La morcov și păstîrnac se folosește mraniță sau asemenea culturi beneficiază de efectul remanent al gunoiului semifermentat în anii 2 și 3 după aplicarea acestuia (vezi și subcap. 8.3).

La culturi de cîmp, o anumită importanță prezintă condițiile climatice în legătură cu calitatea gunoiului utilizat. În regiuni de stepă și silvostepă este mai indicat gunoi bine fermentat, iar în zonele umede, cu soluri podzolite sau cu podzoluri se recomandă gunoi semifermentat sau chiar slab fermentat. Pe soluri argiloase, care se zvîntă greu primăvara, întîrziind efectuarea semănăturilor, se recomandă aplicarea din toamnă a gunoiului de grajd pentru a putea contribui la îmbunătățirea însușirilor fizice ale solului. Pe cele nisipoase, gunoiul se poate aplica primăvara spre a se evita spălarea substanțelor minerale în timpul iernii.

Adîncimea de încorporare a gunoiului de grajd depinde de textura solului, de condițiile climatice, de gradul de descompunere a gunoiului. În solurile cu textură nisipoasă încorporarea se face ceva mai adînc, într-un strat cu umiditate favorabilă activității microorganismelor, în cele argiloase îngroparea fiind mai la suprafață. Pe podzoluri, gunoiul se introduce în sol prin arătură la 12—15 cm adîncime, iar pe cernoziomuri la 18—25 cm (adîncimile recomandate pentru arături pe asemenea soluri). Gunoiul bine fermentat se poate încorpora la 8—12 cm, folosind cultivatorul sau discuitorul.

Dozele de gunoi variază în funcție de cultura la care se aplică, de fertilitatea solului, de climă. În zone umede, cu soluri podzolice, se folosesc doze mai mari decît în cele relativ uscate și cu soluri de tip cernoziom. La aceleași doze de gunoi, cele mai mari sporuri de producție se obțin în zona podzolurilor, deoarece acestea sînt soluri sărace în materie organică și substanțe nutritive. În general, eficacitatea dozelor de gunoi scade din zona podzolurilor către cea a cernoziomurilor.

Scanned with OKEN Scanner

Mărimea dozelor depinde de particularităţile culturii la care se aplică, de calitatea gunoiului, de cantităţile disponibile, de însuşirile solului. Dozele pot varia între 15—50 t/ha astfel:

— la cartof, sfeclă de zahăr sau furajeră, la culturi furajere, cînepă se folosesc 30—40 t/ha pe podzoluri şi 25—30 t/ha pe cernoziomuri;

— la castraveţi, porumb, cînepă se poate ajunge la 50 t/ha în zone cu climat umed, unde sînt posibile producţii record, în zona cernoziomurilor folosindu-se pînă la 35 t/ha;

— cu cît solul este mai sărac în humus şi în elemente minerale, forme uşor accesibile plantelor, cu atît dozele de gunoi vor fi mai mari (vezi şi cap. 7).

— cerealele păioase beneficiază de efectul remanent al gunoiului în al doilea an după aplicare.

Cantităţile de gunoi de grajd dintr-o fermă sînt, în general, nesatisfăcătoare, de aceea se fertilizează numai culturile cele mai pretenţioase.

Pe cernoziomuri cambice, cel mai mare spor de recoltă la grîul de toamnă s-a obţinut la 20 t/ha gunoi asociat cu 50 kg N+50 kg P_2O_5 sub formă de îngrăşăminte chimice. Dozele peste 20 t/ha nu sporesc mai mult recolta (Sîrbu, 1980). Aplicarea gunoiului de grajd măreşte efectul îngrăşămintelor minerale (tabelul 5.46). Efectul remanent se extinde pe o perioadă de 4—6 ani, fiind echivalent cu 60—80% din efectul total. De efectul remanent se ţine seama la stabilirea dozelor de îngrăşăminte chimice pentru culturile din anii următori. Se consideră că, în al doilea an de la aplicare, fiecare tonă de gunoi furnizează plantelor 0,7 kg N, 0,6 kg P şi 1,6 kg K, în al treilea an cantităţile fiind pe jumătate (Hera şi Borlan). Alţi autori consideră cantităţi mai mici ca efect remanent.

Tabelul 5.46

Efectul îngrăşămintelor chimice cu azot asupra producţiei de grîu boabe (t/ha) în prezenţa gunoiului de grajd aplicat în asolament pe sol luto-nisipos (după Görlitz şi colab., 1981)

Varianta	Îngrăşăminte minerale, kg N/ha				
	0	40	80	120	160
Fără gunoi	1,32	3,15	3,54	3,82	3,88
Cu gunoi	2,25	3,51	4,12	4,46	4,26

În sere şi solarii, gunoiul de grajd constituie o sursă importantă de CO_2 care măreşte concentraţia aerului atmosferic şi intensifică asimilaţia clorofiliană. La introducerea în sol a 30—40 t/ha gunoi de grajd rezultă zilnic, în perioada descompunerii active, 100—200 kg CO_2 în plus comparativ cu solul nefertilizat. Importanţa acestei surse de CO_2 capătă semnificaţia cuvenită dacă menţionăm că pentru o producţie de 40—50 t/ha cartof, plantele asimilează zilnic 200—300 kg CO_2.

5.9.2. TULBUREALA (NĂMOLUL) DE BOVINE

Rezultă din complexele de creştere intensivă a taurinelor. Amestecul de fecale şi urină, cu sau fără apă tehnologică, este colectat în bazinul din exteriorul adăpostului, alcătuind *„tulbureala de bovine"*. Termenul *„Gülle"* întîlnit în literatura de specialitate înseamnă *„tulbureală"*, fiind împrumutat din limba germană *(Rindergülle = tulbureală de bovine)*, cel francez fiind *„lisier"*. Bazinele colectoare trebuie să satisfacă stocarea tulburelii pe o perioadă de 2,5—3 luni. Se ţine seama de faptul că o vacă elimină zilnic (24 ore) 20—30 kg fecale, 10—15 l urină, la care se adaugă (dacă este cazul) apa tehnologică (5—25 l). Poate exista un al doilea

Scanned with OKEN Scanner

bazin colector, pe terenul destinat aplicării tulburelii ca îngrășământ. Transferul tulburelii în bazinul central se face prin conducte, folosind pompe speciale (pompe Höltz). Bazinele de lîngă adăposturi, din beton, se prevăd cu capace și orificii de aerisire; cele din cîmp sînt descoperite, cu pereții din pămînt, putînd stoca tulbureala ce rezultă timp de 4—6 luni.

În timpul păstrării în bazine acoperite tulbureala suferă un proces de fermentare anaerobă cu formare de CH_4, H_2, CO_2, H_2S, NH_3 și alte gaze. De aceea trebuie să existe o ventilație. În bazin există tendința separării a 3 straturi: deasupra apar corpurile plutitoare, ce formează o coajă și împiedică ieșirea gazelor; la partea de jos se depune fracțiunea solidă cu densitatea superioară lichidului, iar la mijloc rămîne lichidul. Se recomandă un sistem de agitare periodică a tulburelii.

Compoziția chimică a tulburelii depinde de sistemul de întreținere și furajare, de procedeele de dezinfecție și spălare (tabelele 5.47 și 5.48). Conținutul de microelemente este relativ scăzut și depinde de procentul de substanță uscată. Tulbureala cu 2—8% substanță uscată conține între 27—40 g Mn, 23—30 g Zn 5—11 g Cu, 2—7 g B și 0,1—0,2 g Mo la m^3 (K l u g e și colab., 1978). Cu o doză de 50—70 m^3/ha tulbureală se introduc în sol cantități de Mn, Cu și Zn mai mari decît cele exportate cu recoltele și cantități ceva mai mici de B și Mo.

Tabelul 5.47

Elemente nutritive și substanța uscată (s.u.) din tulbureala provenită de la vaci de lapte, kg/m^3 (după L i x a n d r u și colab., 1979)

Alcătuirea tulburelii	s.u.	pH	N	P	K	Ca	Mg
Fecale + urină	220	8,7	4	0,65	5,0	1,0	0,3
Fecale + urină + ape tehnologice	180	7,0	3	0,13	1,7	0,7	0,2

Tabelul 5.48

Elemente nutritive din tulbureala cu 10% substanță uscată, provenită de la diverse specii de animale (după W e d e k i n d, citat de M ü l l e r, 1980)

Specia	Conținutul (%)			
	N	P	K	Mg
Vaci de lapte	0,40	0,09	0,45	0,03
Bovine tinere	0,50	0,12	0,25	0,09
Juninci la îngrășat	0,70	0,17	0,54	0,08
Porci la îngrășat	0,65	0,14	0,30	0,04
Porci în creștere	0,40	0,07	0,16	0,04
Păsări	1,60	0,65	0,70	0,10

Circa 50% din totalul azotului se află în formă amoniacală, ușor accesibilă plantelor, raportul C : N variind între 5—8. În primul an după aplicare pe teren, plantele utilizează 30—40% din P și 70—90 din K. Coeficienții de utilizare a acestor elemente sînt, deci, superiori celor din gunoiul de grajd.

Tulbureala de bovine se aplică înainte de efectuarea arăturilor sau în timpul vegetației culturilor. Aplicarea se face cu ajutorul remorcii-cisternă pentru urină RCU-4 (cisternă tip vidanjare), care produce aspersiunea pe sol. Dozele anuale variază în funcție de conținutul în azot al tulburelii și de cultură. Se consideră că 1/2—3/4 din necesarul de azot al culturii trebuie acoperit prin aplicarea tulburelii. În primul an după aplicare plantele folosesc 30—50% din totalul azotului

Scanned with OKEN Scanner

aplicat (F i n c k, 1979). Tulbureala fără apă se recomandă în doze de 30—40 m³/ha la cereale păioase, 40—60 m³/ha la cartof, 60—70 m³/ha la porumb, 70—80 m³/ha la sfecla de zahăr. Se încorporează imediat în sol pentru evitarea pierderilor de amoniac. Dacă tulbureala este puțin fermentată, are efect scăzut în primul an de la aplicare, efectul fiind superior în anul următor. Particulele fine de tulbureală conțin polizaharide microbiene, care se descompun ușor în sol sub acțiunea microorganismelor aerobe ce consumă oxigenul și elimină CO_2, creînd repede condiții anaerobe. La porumb cultivat pe cernoziom cambic, doza de 50—80 m³/ha a dat spor de recoltă echivalent celui oferit de 300 kg NH_4NO_3 (L i x a n d r u și colab., 1979). La pășuni și fînețe se aplică 10—15 m³ ha după fiecare coasă. În scopul protecției apelor subterane împotriva poluării prin aplicarea tulburelii, în Elveția și R.F. Germania se apreciază că doza maximă (72 m³/ha) ce poate fi aplicată, corespunde cantității de dejecții ce provin anual de la 2—4 animale mari (încărcătura maximă la hectar, după B o v a y, 1980).

În R. D. Germană se aplică doze de nămoluri porcine, bovine sau gunoi de grajd ținîndu-se cont de bilanțul substanței organice din sol și de posibilitatea refacerii acesteia prin aportul de îngrășămînt organic (tabelul 5.49). Totodată se apreciază echivalența efectului pe care-l are azotul din îngrășămîntul organic comparativ cu cel din îngrășămintele minerale (fig. 5.27).

Tabelul 5.49

Bilanțul substanței organice în asolament (după G ö r l i t z, 1981)

Cultura	Suprafața (ha)	Bilanțul substanței organice: ±		Aport de îngrășămînt organic				Substanța organică activ reproductibilă (t)
		(t/ha)	Total (t)	Îngrășămîntul	Cantitatea (t/ha)	Total (t)	Factor de conversie*	
Sfeclă de zahăr	100	—4,0	400	Gunoi grajd	30	3 000	0,20	600
Orz de toamnă	100	—1,5	150					
Trifoi	100	+3,0	300					
Grîu de toamnă	100	—1,5	150					
Cartof	100	—4,0	400	Gunoi grajd	30	3 000	0,20	600
Secară furajeră	100	—1,0	100					
Porumb siloz	100	—3,0	300	Gülle (4% s.u.)	80	8 000	0,02	160
Total			1 800					1 360

* Factor de conversie a îngrășămîntului în substanța organică a solului (vezi tabelul 8.12).

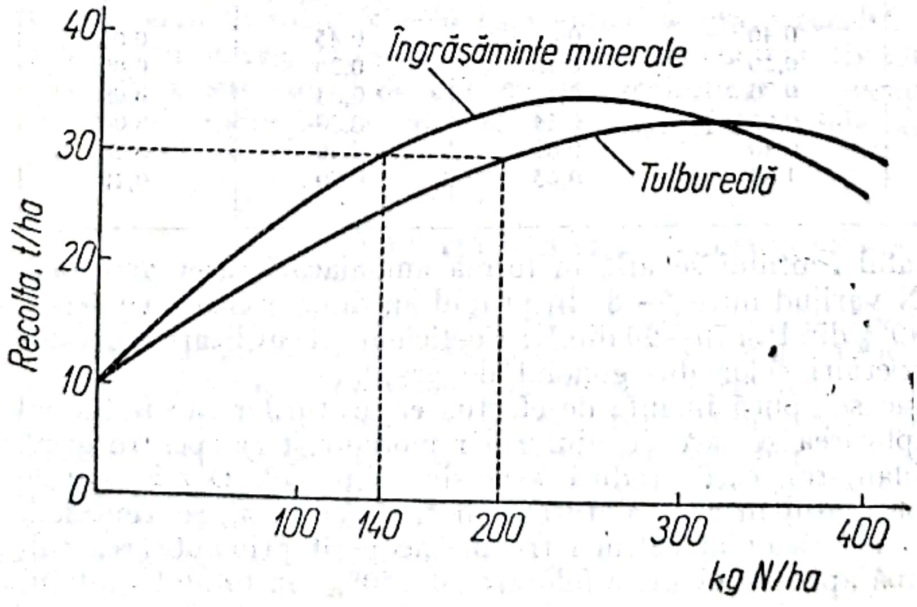


Fig. 5.27. Echivalența efectului tulburelii de bovine cu efectul îngrășămintelor chimice asupra sporului de recoltă.

Scanned with OKEN Scanner

Tulbureala se poate aplica în timpul vegetației prin sistemul de irigație cu aspersoare, introducîndu-se o „cameră de amestec" în proporție de o parte tulbureală la 8—10 părți apă. În afara perioadei de vegetație se poate folosi raportul 1 : 1 sau 1 : 3.

Tulbureala este în primul rînd un îngrășămînt cu N și K. Creșterea activității fosfatazelor din sol în urma aplicării tulburelii mărește mobilitatea fosfaților, îmbunătățind nutriția plantelor cu fosfor.

5.9.3. NĂMOLURILE DE DECANTARE

Se obțin de la complexele de creștere industrială a porcinelor. Efluentul evacuat prin pompare conține fecale, urină, resturi de hrană, ape de spălare încărcate cu agenți chimici folosiți la dezinfecție (carbonat de sodiu, sodă caustică, bromocet, formol etc.), eventual așternut. Pentru un animal se folosesc 15—20 litri apă de spălare în 24 ore (Vl. Ionescu Sișești, 1981). La un complex de 150 000 capete rezultă zilnic 2 000—4 000 m³ ape uzate în care se află 10—15 t substanță uscată, ce ajunge prin pompare la stația de epurare (fig. 5.28).

Separarea suspensiilor solide (nămolul) se face printr-un sistem de site vibratoare metalice, cu orificii circulare sau rectangulare, sau prin site metalice rotative sub formă de cilindri (utilizate în România), ori site sub formă de bandă ușor înclinată, pe care sînt presate suspensiile cu ajutorul unui cilindru rotativ. Nămolul trecut prin pompare pe paturile de zvîntare conține peste 90% apă. Paturile de zvîntare sînt suprafețe dreptunghiulare, betonate, înconjurate lateral cu pereți înalți de 1,1 m, tot din beton, de-a lungul patului existînd un dren pentru colectarea și evacuarea unei părți din lichid (fig. 5.29).

Nămolul se ține pe pat circa 3 luni, uneori mai mult, pentru fermentarea și micșorarea umidității la 75—80% (nămol de decantare). Amestecul de fecale și urină conține 9% substanță uscată, putînd fi aplicat pe teren ca îngrășămînt cu ajutorul cisternelor tip vidanjare, ca în cazul tulburelii de bovine. Nămolul de pe paturi își micșorează conținutul de apă, crescînd cel în elemente nutritive (N, P, K) (fig. 5.30 și tabelul 5.50). De cele mai multe ori fermentarea se produce lent datorită drenajului defectuos. Se folosesc doze de 30—50 m³/ha (5—10 t s.u.) la culturi de cîmp și 15—25 m³/ha la pășuni și fînețe, nămol nedecantat

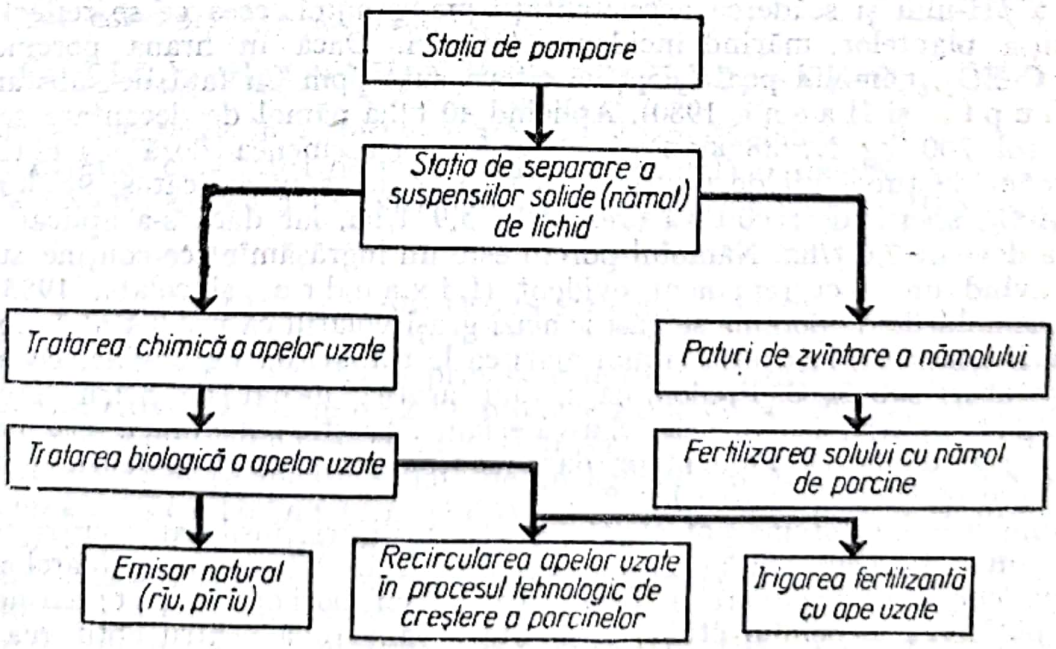


Fig. 5.28. Circuitul apelor uzate la complexele de creștere a porcilor.

Scanned with OKEN Scanner

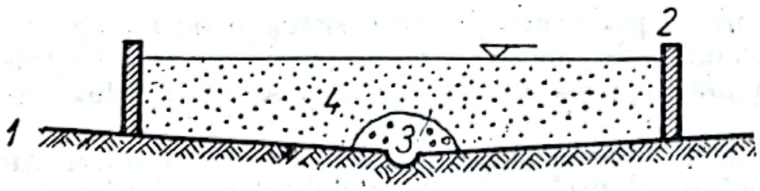


Fig. 5.29. Secțiune transversală prin patul de zvintare:
1 — placă de beton; *2* — pereți laterali de beton; *3* — dren; *4* — nămol de porcine

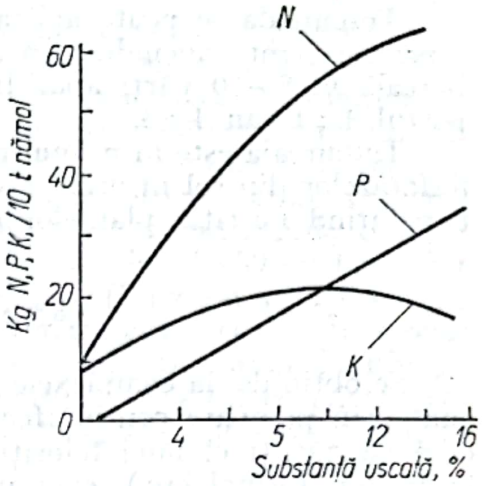


Fig. 5.30. Corelația între substanța uscată și conținutul de NPK din nămolul de porcine (după T u n e y, 1977).

Tabelul 5.50

Conținutul de elemente nutritive din nămolul de porcine decantat

Proveniența nămolului	s.u.	pH	N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Mn	B
			kg/10 tone									
Peris[1]	39	7,2	35	53	18	160	15	5	3,07	1,13	1,88	0,07
Tomești-Iași**	43	7,4	50	22	15	3	5	6	3,00	1,00	2,00	0,06

* După V i n t i l ă și colab., 1985; ** După L i x a n d r u și colab., 1985.

cu 8% substanță uscată (T u n n e y, 1977). Exprimarea în tone are următoarea echivalență: nămolul cu 2% s.u. are greutatea specifică 1,005 t/m³, iar cel cu 15% s.u. cîntărește 1,055 t/m³. Dozele prea mari pot să nu aibă efecte superioare celor normale. După aplicare, nămolul se încorporează în sol pentru evitarea pierderilor de amoniac. Experiențe comparative (T u n n e y, 1977) au arătat că nămolul de porcine sporește producția mai mult decît cel de bovine. La fînețe, nămolul se aplică primăvara înainte de începerea creșterii sau după cosirea plantelor. Rezultatele experimentale arată o îmbogățire substanțială a solului în fosfor, creșterea pH-ului și scăderea accesibilității manganului, ceea ce se reflectă și în compoziția plantelor, mărind incidența tetaniei. Dacă în hrana porcinelor se adaugă $CuSO_4$, nămolul poate conține cîteva sute ppm Cu față de substanța uscată (G u p t a și H a e n i, 1980). Aplicînd 40 t/ha nămol de decantare se introduc în sol 200 kg N, 88 kg P și 60 kg K. La asemenea doză s-a obținut un spor mediu de tuberculi de cartof de 3 t/ha; dacă s-au aplicat și 96 kg N ha ca NH_4NO_3, sporul de recoltă a crescut la 5,9 t/ha, iar dacă s-a aplicat și K_{120} sporul a devenit 7,6 t/ha. Nămolul porcin este un îngrășămînt ce conține suficient fosfor, avînd un efect remanent evident (L i x a n d r u și colab., 1985).

În nămolurile de porcine se găsesc acizi grași volatili ca produs al fermentării în condiții anaerobe, în cantități mai mari ca la tulbureala de bovine, ce persistă la temperaturi sub 30°C. Predomină acidul acetic, urmat de acizii propionic, n-butiric, izo-butiric, izo-valerianic, n-valerianic. Aceștia pot stînjeni germinația semințelor sau dăunează rădăcinilor dacă se folosesc doze prea mari. Condițiile aerobe favorizează degradarea lor.

Nămolurile de porcine pot căpăta și alte utilizări: însilozarea cu resturi vegetale pentru fermentarea anaerobă și folosirea în hrana rumegătoarelor; furajarea directă a rumegătoarelor prin amestec cu borhot de spirt; fermentarea pentru obținerea alcoolului etilic; fermentarea anaerobă pentru obținerea biogazului.

Scanned with OKEN Scanner

Efluentul de ape uzate poate fi utilizat la irigație. El conține cantități importante de N, P, K.

Există pericolul răspîndirii unor maladii cînd se aplică pe pășune: salmoneloze, bruceloze, febră aftoasă, germeni rezistenți mult timp în pămînt (E n i g k, 1980). Introducerea animalelor la pășunat după căderea unei ploi elimină în bună parte acest risc. Cînd efluentul se descarcă în emisar, conținutul în materie organică trebuie limitat pentru a se evita eutroficizarea apelor din rîuri. Calitatea apei uzate evacuate se apreciază cu ajutorul indicilor: consumul chimic de oxigen (CCO) pentru mineralizarea substanței organice pe cale chimică (trebuie să fie sub 120 mg/l); consumul biochimic de oxigen în timp de 5 zile $(CBO)_5$, necesar mineralizării substanței organice la 20°C și la întuneric (trebuie să fie sub 40 mg/litru) și alți indici.

5.9.4. URINA ȘI MUSTUL DE GUNOI DE GRAJD

Reprezintă un îngrășămînt valoros ce nu trebuie neglijat. În bazinul colector se acumulează urina ce nu a fost reținută de așternut.

Urina conține cantități apreciabile de N și K (vezi tabelul 5.40). Mustul de gunoi conține 0,2—0,4% N, 0,3—0,6% K_2O și 0,03—0,1% P_2O_5. Într-o perioadă de stabulație de 6—7 luni în adăposturi cu așternut se acumulează maximum 2 000 l urină și must de gunoi de grajd de la o vită mare. Pe lîngă elemente minerale, urina conține diverși hormoni ce pot influența creșterea plantelor.

Se aplică pe teren cu cisterne tip vidanjare, în orice anotimp, cu condiția ca solul să fie neînghețat, cît mai aproape de suprafața solului pentru evitarea pierderilor de amoniac, de preferință pe timp noros, lipsit de vînt. Dozele variază între 20—30 m³/ha la culturi de cîmp și 10—15 m³/ha, la culturi legumicole, în afara sezonului de vegetație. În timpul vegetației se folosesc 5—10 m³/ha sau mai mult, introducîndu-se în sol prin dispozitivele speciale ale mașinilor de aplicat printre rîndurile culturilor prășitoare. Deoarece conține mult potasiu, urina se recomandă la culturi ca: sfeclă, cartof, floarea-soarelui, porumb, legume. În timpul vegetației se diluează de 2—3 ori cu apă spre a nu deveni toxică. O doză conține circa 100 kg N. La pășuni se aplică primăvara, diluată de 2—3 ori cu apă, apoi se grăpează.

Micșorarea pierderilor de amoniac se poate realiza prin adaos de superfosfat în bazinul colector. Are loc reacția:

$$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + NH_3 + H_2O = NH_4H_2PO_4 + CaHPO_4 \cdot 2H_2O.$$

Înainte de încărcare în cisterne, materialul se agită bine.

În Elveția, cantitatea de urină (purin) aplicabilă o singură dată a fost limitată la 60 m³/ha spre a se evita impurificarea apelor freatice (B o v a y, 1980)

5.9.5. DEJECȚIILE DIN SECTORUL AVICOL

Sînt îngrășăminte excelente prin conținutul lor ridicat de N, P, K și alte elemente nutritive. O pasăre de 2 kg produce zilnic circa 100 g dejecții proaspete cu 25% substanță uscată, ceea ce corespunde la 5% din greutatea sa vie (L o e h r, 1974). Înseamnă o producție anuală de 36 kg dejecții în care se află 9 kg substanță uscată. S c h l e i n i g e r (1971) menționează 175 g/zi dejecții proaspete, adică 60 kg/an. Cantitățile zilnice depind și de specie, rasă sau scopul pentru care sînt crescute păsările, fiind mai ridicate la cele pentru carne (7% din greutatea lor vie). Detoxicarea acidului benzoic la păsări are loc prin combinare cu ornitină, rezultînd acid orniturie: $C_6H_5CONH\text{-}CH_2—CH_2—CH_2—CH(NHOCC_6H_5)$-—COOH.

Scanned with OKEN Scanner

Toate elementele din dejecții devin ușor accesibile plantelor după aplicarea lor în sol (tabelul 5.51). Mare parte din azot se află sub formă de acid uric, care se descompune relativ repede cu formare de uree, din aceasta rezultînd NH_3. De aceea, în timpul păstrării și fermentării pot avea loc pierderi importante de amoniac. Evitarea lor se face prin adaos de superfosfat, 7—10% din greutatea dejecțiilor, sau prin amestec cu mraniță ori pleavă de paie.

Tabelul 5.51

Conținutul în elemente nutritive al dejecțiilor de păsări (%)

Specificare	Substanță uscată	N	P	K	Ca	Mg
Dejecții proaspete sau slab fermentate	24—70	1,2—4,1	0.25—1,20	0,38—1,16	1,7—4,8	0,12—0,22
Dejecții fermentate	72	2,8	1,2	1,5	3,0	0,18

După o fermentare timp de 1,5—2 luni în grămezi ferite de ploi și la umbră, volumul dejecțiilor scade, crescînd conținutul lor în elemente nutritive. Aplicînd ca îngrășămînt 4 t/ha asemenea dejecții, se introduc în sol 112 kg N, 48 kg P și 60 kg K. Se pot menține la fermentat o perioadă de 6—7 luni. Se folosesc ca îngrășămînt la culturi legumicole, la cartof, rădăcinoase și în pomicultură. Se recomandă 4—6 t/ha material umed sau 1—2 t/ha substanță uscată (H a s l e r, 1969).

Dejecțiile de păsări crescute în baterii, raclate cu peliculă de apă, se prezintă ca o tulbureală ce conține, în medie, 15% substanță uscată. Într-un m^3 de asemenea tulbureală se află 105 kg substanță organică, 10 kg N, 4 kg P și 4 kg K. Se aplică pe teren cu cisterne tip vidanjare, 25—35 m^3/ha. Dacă diluția dejecțiilor cu apă este mai ridicată, se mărește cantitatea de tulbureală la hectar.

Se consideră satisfăcătoare o încărcătură de 200—300 păsări la hectar, pentru utilizarea rațională a dejecțiilor.

Gunoiul de păsări se poate utiliza la obținerea diferitelor composturi utilizabile în legumicultură.

5.9.6. NĂMOLURILE PROVENITE DE LA EPURAREA APELOR UZATE ORĂȘENEȘTI

Nămolurile obținute cu prilejul epurării apelor uzate orășenești conțin particule de argilă antrenate de apele stradale în rețeaua de canalizare, substanțe organice provenite din apele menajere și dejecții umane, săruri solubile sau insolubile, diverse specii de cationi și anioni reținuți la fracțiunea coloidală de natură organică sau minerală, substanțe solubile provenite din detergenți și din ape industriale. Asemenea nămoluri pot constitui o sursă importantă de elemente necesare nutriției plantelor, de aceea pot fi utilizate ca îngrășămînt (B o g u s l a w s k i, 1980, F u r r e r, 1980; S a b e y, 1980).

Fecalele omenești (30—40 kg substanță uscată pe an de la un adult) conțin 18% substanță organică, 70—80% apă, săruri minerale. În substanța uscată, se află 5% N, 2% P_2O_5 și 1% K_2O.

Nămolurile orășenești utilizabile ca îngrășămînt pot fi: proaspete (primare, adică nefermentate), fermentate anaerob în metantancuri și nămoluri deshidratate pe paturi de zvîntare sau prin presare. Ca îngrășămînt se folosesc nămoluri fermentate ce conțin 6—7% substanță uscată, uneori mai mult, aplicarea pe teren

Scanned with OKEN Scanner

efectuîndu-se prin aspersiune, alteori (în România) se obţin nămoluri deshidratate pe paturi de zvîntare, care se pot aplica pe teren ca o mraniţă sau gunoi de grajd.

Nămolurile deshidratate conţin 20—60 (80%) substanţă uscată în care se află 25—40% substanţă organică, 1—5% N total (din care circa 25% sub formă amoniacală), 0,5—4% P, 0,5% K_2O, 5—6% Ca (Lixandru, 1981—1985). Pe măsura deshidratării nămolului scade substanţial conţinutul de azot prin volatilizarea formei amoniacale (fig. 5.31) şi au loc procese de fermentare aerobă ce conduc la apariţia azotului sub formă nitrică.

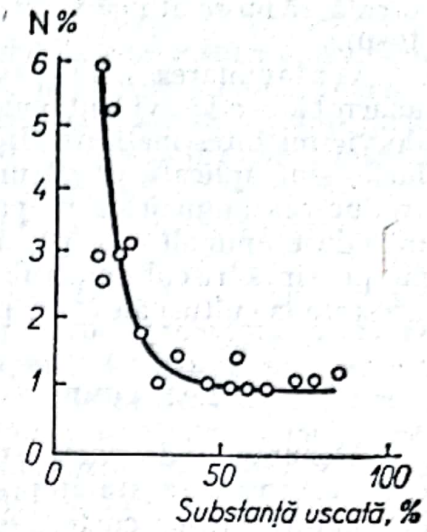


Fig. 5.31 Corelaţia dintre substanţa uscată şi N total din nămolul orăşenesc (după Lixandru şi colab., 1982).

Nămolurile sînt considerate în primul rînd un îngrăşămînt cu fosfor, acesta aflîndu-se în proporţie de peste 80% în forme uşor accesibile plantelor (Häni şi Gupta, 1978; De Haan, 1980). La hectar se aplică o cantitate de nămol ce conţine 60—70 kg P_2O_5 pentru cereale şi 90—110 kg P_2O_5 pentru culturi intensive şi furajere. Cantitatea de azot utilizabil în primul an după aplicare (kg) se obţine (Furrer şi Bolliger, 1978; Bovay, 1980) din relaţia:

$$N = 0{,}9\ N_A + 0{,}25\ N_{org} \qquad (5.7)$$

în care:

N_A şi N_{org} reprezintă cantitatea de N ca NH_4^+ şi, respectiv, în formă organică, aplicat cu doza de nămol.

Diferenţa de azot necesar culturii la care s-a aplicat nămolul se completează prin îngrăşăminte chimice. Se recomandă aplicarea nămolurilor toamna, înainte de efectuarea arăturilor. Îngheţul şi dezgheţul în timpul iernii le transformă în pulbere fină, ce se amestecă intim cu solul.

Aplicînd 60 t/ha nămol s-au obţinut sporuri de 5—6 t/ha cartof (Lixandru şi colab., 1982). Se recomandă doze de 20—25 t/ha, cu care se aplică cel puţin 120 kg P_2O_5/ha. aplicarea nămolului făcîndu-se o dată la 2—3 ani. Astfel sporeşte substanţial conţinutul solului în fosfaţi accesibili plantelor şi în humus (Furrer şi Staufer, 1981; Soon şi colab., 1978 etc.).

La folosirea nămolurilor orăşeneşti ca îngrăşămînt se impun două restricţii: conţinutul în metale grele şi prezenţa germenilor patogeni. Excesul de ioni ai metalelor grele (Zn, Cu, Ni, Cd, Mo, Co, Cr, Pb) este nociv organismelor vegetale şi animale (Lewin şi Beckett, 1980; Schnetzer şi colab., 1979; Kloke şi colab., 1984 etc.). Unele metale grele din nămoluri (Cu, Co, Fe, Mo, Mn, Zn) pot influenţa pozitiv creşterea plantelor întrucît sînt elemente nutritive. S-au stabilit, cu caracter provizoriu, limite maxime admisibile în nămoluri şi în soluri (tabelul 5.52). Salata acumulează mult Zn, Cu şi Cd, cartoful şi morcovul avînd afinitate scăzută. Valorile maxime admise în nămolul orăşenesc sînt calculate astfel încît într-o perioadă de 50 de ani, aplicînd anual 5 t/ha nămol substanţă

Tabelul 5.52

Conţinutul maxim admisibil de metale grele în nămoluri (după Bova, 1980) şi în soluri (după Kloke 1979, (ppm)

Metalul	Valori permise	
	în nămol	în sol
Zn	3 000	300
Cu	1 000	100
Ni	200	50
Cd	30	3
Mo	20	5
Co	100	50
Cr	1 000	100
Pb	1 000	100
Hg	10	2

Scanned with OKEN Scanner

uscată, să nu se atingă valorile limită permise în sol (El Bassam și Trietjen, 1980).

Contaminarea nămolurilor cu germeni patogeni este nedorită. Fermentarea anaerobă scade evident numărul acestora. Se întîlnesc colibacili, salmonele, ouă de viermi intestinali etc. Infecțiile cu asemenea germeni sînt posibile cînd nămolurile sînt aplicate pe pășuni și fînețe, fără a lăsa un timp de pauză pînă la introducerea animalelor pe pășune. După căderea unei ploi care spală iarba pot fi introduse animalele la pășunat. Folosirea nămolurilor orășenești pe soluri arabile nu prezintă riscul infecțiilor. Ca măsură de precauție se recomandă aplicarea acestora la culturi ale căror produse nu se consumă, de către om, în stare proaspătă.

5.9.7. COMPOSTUL DIN RESTURI ORGANICE GOSPODĂREȘTI

Denumirea de compost vine din limba latină de la cuvîntul „componere" care înseamnă „a sta împreună". Prin compost se înțelege un amestec alcătuit din măturătură de curte, resturi de menajere, vreji de cartof, buruieni, pleavă, resturi de paie, frunzele de copaci căzute toamna, deșeuri de tescovină, textile, furaje stricate etc. care se așază împreună într-o platformă spre a se descompune. Tot aici se pot adăuga resturile menajere, gunoiul de păsări și cenușa. Acest mod de preparare reprezintă o valorificare superioară a deșeurilor. Din reziduurile menajere și gunoaiele de natură organică colectate de întreprinderile de salubritate a orașelor se pot realiza, de asemenea, composturi ca îngrășămînt.

Printr-o asemenea fermentare se urmărește obținerea unui produs cu conținut scăzut de glucide, în care raportul C : N să fie între 15—20 și din care elementele nutritive să devină ușor accesibile plantelor.

Platforma se amenajează pe un teren impermeabil. Se așterne mai întîi un strat de paie sau alte deșeuri la baza platformei (20—30 cm) peste care se presară var nestins, se udă cu apă sau cu urină și se continuă prin așezarea a noi straturi de resturi vegetale și de var nestins. Deasupra platformei se poate așeza un strat de pămînt, gros de 10—15 cm, pentru a se împiedica evaporarea apei.

Dacă sînt condiții favorabile activității microorganismelor (aerație, umiditate, suficient azot mineral sau organic), în cîteva zile se dezvoltă o microfloră foarte activă din clasa ciupercilor, care ridică temperatura din platformă la 60—70°C. De obicei resturile ce alcătuiesc platforma fermentează greu. Menținerea umidității în platformă se face prin udări (pînă la 50% din capacitatea pentru apă), folosind în acest scop deschiderile lăsate în stratul de pămînt pus la partea superioară a platformei. După 2—3 luni, temperatura din platformă scade la 30—40°C, ceea ce denotă o scădere a activității microorganismelor. Pentru reactivarea procesului de fermentare se recurge la desfacerea platformei, răscolirea acesteia, amestecarea materialului și așezarea lui din nou în platformă pe aceeași lățime și înălțime. Platforma se udă ca mai înainte și după 2—3 luni se poate răscoli din nou și clădi pentru continuarea fermentării. Durata fermentării poate fi peste un an.

Compostarea împreună cu varul nestins are, pe de altă parte, scopul de a neutraliza acțiunea bacteriilor de origine animală sau vegetală, a virușilor, scade puterea de germinare a semințelor de buruieni. Varul nestins se folosește în proporție de 2—3% din greutate.

Compostul este un îngrășămînt organic cu acțiune lentă, ce conține în medie 30—50% substanță uscată, 10—15% substanță organică, 0,3% N, 0,1% P și 0,3% K. Se aplică 20—60 t/ha. Dacă în timpul fermentării se adaugă în platformă superfosfat și azotat de amoniu, se obține un îngrășămînt cu calități excelente.

În afara acestui compost clasic se pot obține composturi speciale pentru culturi legumicole în seră, pentru floricultură sau utilizabile la cultura ciupercilor, la obținerea cărora se folosesc rețete ce includ gunoi de grajd, urină, turbă, var, anumite îngrășăminte chimice.

Scanned with OKEN Scanner

5.9.8. PAIELE NEFERMENTATE CA ÎNGRĂŞĂMÎNT

Paiele pot fi utilizate ca îngrăşămînt fără o prealabilă compostare sau transformare în gunoi artificial, în cazul în care ferma este lipsită de sector zootehnic, unde pot fi valorificate ca aşternut sau ca furaj. Transportul lor la distanţe mari este costisitor deoarece, fiind voluminoase, consumul energetic pentru transport depăşeşte valoarea lor economică.

Paiele nefermentate sînt indicate ca îngrăşămînt pe soluri argiloase, unde, producînd afînare, îmbunătăţesc aeraţia şi circulaţia apei, favorizînd procesele de nitrificare. Pot fi utilizate, de asemenea, pe soluri cultivabile cu leguminoase, glucidele din acestea servind drept sursă energetică pentru microorganismele fixatoare de azot. Eventuala penurie de azot ce poate apărea temporar este compensată de fixarea biologică a azotului atmosferic. Indiferent de terenul pe care se folosesc, se recomandă aplicarea de îngrăşăminte minerale pentru completarea nevoilor microorganismelor. Pentru fiecare tonă de paie introdusă în sol se aplică 3—6 kg N şi, eventual, 2—3 kg P_2O_5. Paiele de grîu conţin 0,5% N, 0,1% P şi 0,6% K, raportul C : N din acestea fiind cuprins între 50—100. Adaosul de N ca îngrăşămînt mineral micşorează raportul C : N, devenind favorabil activităţii microorganismelor fără a afecta nevoile plantelor.

Paiele se folosesc ca îngrăşămînt pe terenul de pe care s-a ridicat recolta sau pe altele învecinate, de regulă tocate spre a putea fi încorporate în sol prin arătură. Din descompunerea lor rezultă, într-o primă fază, diverşi compuşi fenolici, cu efecte nefavorabile asupra plantelor. Ele conţin şi acid acetic care, pînă la biodegradare, pare a fi nociv seminţelor ce germinează (L y n c h şi colab., 1980). După 100 de zile, se descompune cam 65% din greutatea paielor (S c h r ö d e r şi G e w e h r, 1977). Efectul lor fertilizant se resimte mai ales în al doilea an de la aplicare (H u l p o i şi colab., 1960; B o g u s l a w s k i şi D e b r u c k, 1977). Sporul de recoltă este comparabil cu cel al unei doze similare de gunoi, dacă se aplică azotul mineral de 3—6 kg N/t. Ele contribuie la creşterea conţinutului de humus din sol. Se interzice arderea paielor înainte de efectuarea arăturii, ele constituind o sursă bioenergetică pentru microorganisme.

5.9.9. ÎNGRĂŞĂMINTELE VERZI

Sînt un mijloc de îmbogăţire a solului în substanţă organică şi azot. În acest scop se cultivă plante care au însuşirea de a produce o masă vegetală abundentă şi de a îmbogăţi solul în azot. Se folosesc culturi de leguminoase, pe rădăcinile cărora trăiesc bacterii fixatoare de azot, singure sau în amestec cu graminee. Cele mai utilizate sînt lupinul, mazărea, seradela, sparceta, trifoiul; dintre neleguminoase se folosesc muştarul şi hrişca. Cultura de leguminoase în amestec cu graminee (borceagul) produce o masă vegetală mai bogată decît leguminoasele singure. Leguminoasele excretă în sol acizi aminici utilizabili de graminee. Totodată, rădăcinile leguminoaselor au putere solubilizantă mai ridicată asupra formelor greu accesibile de fosfaţi şi potasiu. Îngrăşămintele verzi sînt necesare pe soluri podzolice, argiloase sau nisipoase, sărace în materie organică, în asociere cu îngrăşăminte minerale. Plantele, în perioada înfloritului se încorporează în sol prin arătură.

În R.F. Germania se folosesc frecvent îngrăşămintele verzi în zonele cu soluri cenuşii de pădure podzolite, cultivîndu-se o ridichioară *(Raphanus sativa)* ca a doua cultură după recoltarea cerealelor. La o producţie de 10—20 t/ha masă verde se introduc în sol 2—3 t substanţă uscată (B o g u s l a w s k i, 1980).

Cu leguminoasele se introduc în sol circa 100 kg N, din care 1/4—1/2 se află în rădăcini şi resturile ce rămîn pe sol.

Scanned with OKEN Scanner

Efectul îngrășămintelor verzi este multiplu: se îmbogățește solul în materie organică, în azotul fixat simbiotic, o dată cu substanța organică fiind introduse în stratul arat cantități importante de fosfor, potasiu și alte elemente extrase de plante din orizonturile inferioare ale solului; se mărește coeficientul de utilizare a substanței active din îngrășămintele chimice introduse în sol; scade mobilitatea ionilor de aluminiu și mangan din solurile acide, mărind ușor *p*H-ul; se mărește esențial numărul de microorganisme din sol, care încorporează o parte din elementele nutritive în plasma lor, evitîndu-se pe această cale pierderile prin spălare.

Îngrășămintele verzi pot fi folosite în livezi tinere amplasate pe soluri sărace în materie organică și în plantații de viță cultivate pe soluri nisipoase, la care distanțele între rînduri permit mecanizarea lucrărilor.

Rol de îngrășămînt verde îndeplinesc și frunzele ce rămîn după recoltarea sfeclei. Acestea conțin 0,5% N, 0,05% P și 0,5% K, reprezentînd 30—50 t/ha masă verde.

În România s-au obținut sporuri de recoltă de 1 500—2 100 kg tuberculi de cartofi și 250—500 kg boabe de porumb la hectar prin folosirea îngrășămintelor verzi, la vița de vie producția crescînd cu 2—15%. Folosirea concomitentă și a îngrășămintelor chimice mărește efectul acestora.

5.9.10. ÎNGRĂȘĂMINTE DIN TURBĂ

Este un sediment vegetal alcătuit din plante higrofite și din mușchi, format în decurs de secole prin acumularea resturilor vegetale moarte ce au suferit un proces de descompunere anaerobă lentă, pe locul de creștere a plantelor.

Turbăriile se clasifică astfel:

a) *joase* sau de *mlaștini eutrofe*, în Moldova numite popular bahne. Se întîlnesc pe locuri mlăștinoase din luncile rîurilor sau pe podișuri, pe care cresc plante spontane higrofite din genurile *Phragmites*, *Carex* etc., precum și mușchi frunzoși *(Hypnum)*;

b) *înalte* sau de *mlaștini oligotrofe* (numite popular tinoave), se întîlnesc pe soluri sărace și acide din regiuni montane și alpine, cu climat umed și rece; în care predomină într-o primă fază mușchii din genurile *Polytrichum* și *Sphagnum*, iar mai tîrziu se instalează pe pătura de mușchi diverse plante pretențioase la substanțe nutritive, care suportă excesul de apă, gerul și aciditatea;

c) turbării de mlaștini *intermediare* (mezotrofe) sau de tranziție între cele două tipuri de mai sus.

Sub aspect agrochimic, însușirile turbei se apreciază după plantele ce au contribuit la formarea sa, după gradul de descompunere, conținutul de substanțe nutritive, aciditate, capacitatea de absorbție a apei și de reținere a cationilor.

Turba din mlaștini oligotrofe cu *Sphagnum*, săracă în substanțe nutritive, cu reacție acidă și conținut scăzut de cenușă, puțin humificată, se numește „turbă albă", spre deosebire de cea cu grad avansat de humificare, numită „turbă neagră". Este bogată în celuloze și hemiceluloze (47% din greutate), indicată ca așternut în adăposturile animalelor. Are capacitate mare de absorbție a apei (600—1 800% din greutate), în comparație cu turbele din mlaștini eutrofe care au capacitate de absorbție scăzută, 200—800%. Capacitatea de adsorbție cu schimb de cationi a turbei este de 80—200 me, fiind mult mai ridicată ca a solurilor bogate în humus. Conținutul în cenușă și elemente nutritive N, P, K, este scăzut la turba provenită din regiuni înalte, și ceva mai ridicat la cea din regiuni joase (tabelele 5.53 și 5.54).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.53

Capacitatea de reținere a apei și conținutul de cenușă la turba de cîteva proveniențe

Proveniența turbei	Capacitatea de absorbție a apei (g/100 g s.u.)	Cenușă (%)
RFG (*Sphagnum*)	1 144	4
URSS (*mezotrofă*)	798	9
Spania (*turbă neagră*)	342	44

Tabelul 5.54

Însușiri agrochimice ale cîtorva turbe din România (exprimarea datelor față de substanța uscată (după Lixandru și colab., 1984)

Localitatea	pH H$_2$O	S_B (me/100 g s.u.)	A_h (me/100 g s.u.)	A_s (me/100 g s.u.)	Al (mg/100 g)	V (%)	Capacitatea de reținere a apei (%)	Cenușă (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Mn (ppm)
Panaci — Vatra Dornei[1]	4,0	8,5	79,8	15,3	124	9,6	465	3,6	1,46	0,05	0,03	744
Poiana Stampei[2]	3,8	8,8	82,9	11,5	46	10,2	430	2,1	1,54	0,04	0,01	344
Dersca—Dorohoi[3]	7,6	35,3	2,8	0,9	8	92,7	200	65,0	0,88	0,03	0,10	119

[1] Turbă recentă de *Sphagnum*; [2] Turbă *veche, acidă*; [3] Turbărie de mlaștini joase (*turbă neagră*)

Turba ce conține pînă la 12% cenușă este considerată „normală", cea cu peste 12% fiind turbă cu „conținut ridicat". Turbăriile joase sînt mai bogate în cenușă comparativ cu cele înalte. Unele din ele conțin mult calciu (peste 7%) sau P (1,5%), elemente ce măresc procentul de cenușă. Cel mai important element nutritiv rămîne azotul, cea mai mare parte în formă organică, un procent scăzut (0,035% în turbe înalte și 0,09% în cele joase) fiind în formă amoniacală.

Exploatarea turbei în România se face pentru a fi utilizată în legumicultură și floricultură, la prepararea diferitelor composturi. Se taie forme paralelipipedice cu laturile de 20—30 cm, care se așază (ca niște chirpici) în stive pentru a se zvînta și aerisi. Cu acest prilej are loc oxidarea unor compuși toxici pentru plante (protoxizii). Menținerea turbei la uscare se face pînă scade la 50—60% din greutatea inițială. După aceea se expediază întreprinderilor beneficiare.

Principala utilizare a turbei este realizarea composturilor. În acest scop se recomandă turba cu un anumit grad de descompunere, conținut de cenușă și lignină. La compostare se adaugă praf de var, făină de fosforite, îngrășăminte minerale solubile sau îngrășăminte organice din zootehnie (gunoi, urină, tulbureală etc). Se obțin asemenea preparate pentru ghivece nutritive sau îngrășăminte cu alt scop. Un compost din turbă cu îngrășăminte minerale și amoniac se obține astfel: la o tonă de turbă de mlaștini oligotrofe se adaugă 30—35 kg superfosfat, 10—12 kg KCl și 30—35 l apă amoniacală cu 25% NH_3. Dacă turba provine din mlaștini eutrofe, cantitățile de mai sus scad la 20—25 kg superfosfat, 6—8 kg KCl și 20—25 l apă amoniacală.

5.9.11. COMPOSTUL DIN COAJĂ DE RĂȘINOASE

La fabricile și centrele de preindustrializare a lemnului din România rezultă anual 1,3—1,4 mil. m^3 coajă de copaci, din care 550 000 m^3 coajă de rășinoase. Experiențe efectuate în diverse țări au arătat că un asemenea material, după mă-

Scanned with OKEN Scanner

cinare în mori cu ciocane, poate fi folosit ca așternut în zootehnie sau la prepararea conposturilor utilizabile în locul gunoiului de grajd (sau turbei) în sere și solarii, la prepararea cuburilor nutritive folosite în legumicultură. Coaja măcinată, cu granulație de 20—30 mm, se amestecă cu îngrășăminte conținînd N, P și Mg, elemente necesare dezvoltării florei bacteriene. Se folosesc 8—10 kg uree, 10 kg superfosfat simplu și 1 kg sulfat de magneziu la tona de coajă măcinată, se adaugă, de asemenea, nămol activ sau conținut ruminal de la abatoare (floră celulozolitică), se amestecă mecanic și se așază sub formă de platformă, se udă pînă la 70% umiditate și se lasă spre compostare 60—120 zile. Rezultă un material avînd calități apropiate celor ale gunoiului de grajd. Compostul preparat la Combinatul de Celuloză și Hîrtie din Piatra-Neamț conține, în substanța uscată, circa 2,55% N total (din care 0,15% N—NH_4), 0,74% P, 0,152% K, 0,22% Na, 206 ppm Mn, 1,374 % Fe și 0,26% Cl (Lixandru și Tărnăuceanu, 1980). Experimentat în diverse sere din România în doza de 150 t/ha a avut un efect echivalent cu 100 t/ha gunoi de grajd semifermentat.

5.9.12. OBȚINEREA BIOGAZULUI

Fermentarea gunoiului de grajd, a nămolurilor zootehnice și orășenești se produce cu pierderi importante de substanță organică, de azot, și de energie. Recuperarea parțială a energiei se poate face pe mai multe căi, una dintre acestea fiind *fermentarea metanică*. Reziduul obținut după fermentare are o valoare fertilizantă ridicată, putîndu-se folosi ca îngrășămînt, iar biogazul (gazul metan) stocat este folosit pentru diverse nevoi gospodărești (apă caldă, scop menajer etc).

Biogazul se obține prin fermentarea resturilor organice în condiții puternic anaerobe, în absența luminii și în anumite condiții de temperatură și reacție chimică, factori esențiali pentru activitatea bacteriilor metanogene. Procesul parcurge 3 faze: hidroliza enzimatică a substanțelor organice; formarea de compuși intermediari (alcooli, acizi organici etc.); formarea produșilor finali, printre care gazul metan (CH_4) (fig. 5.32).

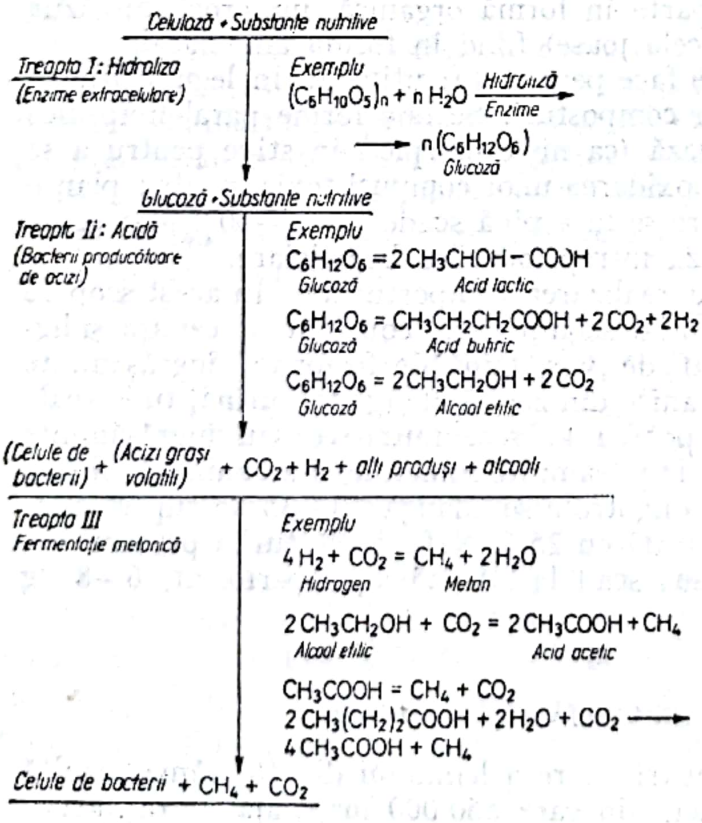


Fig. 5.32. Schema fermentării anaerobe a celulozei.

Potrivit reacției finale din figura 5.32, biogazul trebuie să conțină volume egale de CO_2 și CH_4. Deoarece o parte din CO_2 se solubilizează în lichid, biogazul este alcătuit într-o proporție mai mare din metan (tabelul 5.55). Puterea calorică a biogazului atinge, în medie, 5 500 kcal/m³, gazul metan natural avînd o putere calorică de 9 500 kcal/m³. Scăderea procentului de CO_2 și creșterea

Tabelul 5.55.

Componentele biogazului

Gazul	%	Gazul	%
CH_4	55—65	H_2	0—3
CO_2	35—45	O_2	0—1
N_2	0—3	H_2S	urme

Scanned with OKEN Scanner

puterii calorice se face prin barbotarea biogazului în apă, iar H_2S se elimină prin reținerea acestuia pe filtre. Purificarea de H_2S este necesară cînd biogazul este utilizat la acționarea motoarelor cu ardere internă, asupra cărora H_2S poate avea efect corosiv.

Natura resturilor organice supuse descompunerii influențează esențial activitatea bacteriilor metanogene (*Methanobacillus omeleanskii, M. thermoautotrophicum, Methanosarcina Barkerii* etc.). Ele pot descompune celuloza și alte glucide simple sau complexe, dar nu pot degrada lignina. Folosesc, de asemenea, ca sursă de energie și elemente nutritive, substanțele proteice. Activitatea lor este optimă cînd raportul C: N din resturile organice este în jur de 30. Dacă acest raport este mai ridicat, ca în paie sau în cocenii de porumb (C: N > 50), o parte din materia organică rămîne nedegradată, depunîndu-se în reziduul ce rămîne după fermentare. Dacă, dimpotrivă, raportul este foarte scăzut (în jur de 10) rezultă un procent ridicat de amoniac ce se acumulează în biogazul rezultat. Un biogaz cu calități superioare rezultă cînd se folosește amestec de dejecții de la mai multe specii de animale (Baranov și Karpinskii, 1957; Thelier, 1983 etc.).

Temperatura este un factor esențial pentru activitatea bacteriilor metanogene. Există două grupe de bacterii: unele care activează în condiții optime la 35°C (microorganisme mezofile) și altele care au nevoie de 55°C pentru o activitate optimă (microorganisme termofile). Pentru condițiile climatice din România este avantajos procedeul folosirii bacteriilor ce activează optim la 35°C. Scăderea temperaturii sub optima caracteristică activității bacteriilor metanogene micșorează fundamental activitatea lor. Reacția optimă este în limitele unui *pH* 6,7—7,6. Peste aceste valori apar substanțe nocive dezvoltării bacteriilor metanogene. La începutul fermentării mediul devine de obicei prea acid, datorită acidului carbonic.

Instalația de biogaz. Biogazul se obține într-un vas a cărui mărime depinde de nevoi, numit *fermentator*, în care se introduc dejecțiile (nămolul) sau gunoiul de grajd pentru fermentare. Fermentatorul are următoarele dispozitive anexe: echipament de umplere și golire, clopot de colectare a gazelor (gazometru), sistem de încălzire pe timp răcoros, agitator, dispozitiv de eliminarea spumei ce se colectează la suprafața lichidului și purificator de gaz (fig. 5.33).

Se deosebesc două procedee de lucru: procedeul discontinuu de umplere a fermentatorului și procedeul quasicontinuu de umplere a acestuia. Procedeul

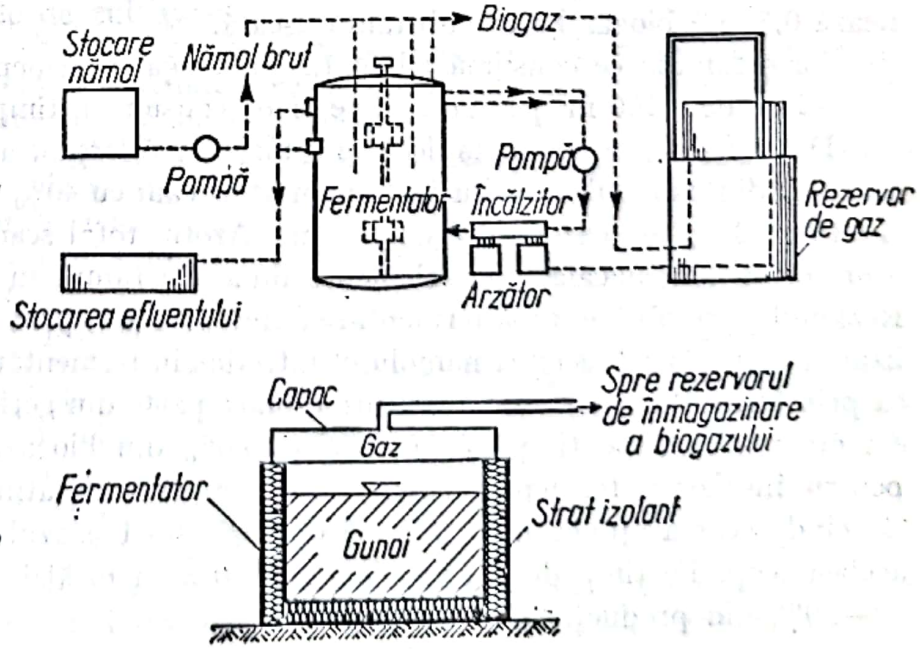


Fig. 5.33. Schema de funcționare a instalației de produs biogaz:
a — procedeul cvasi continuu; *b* — procedeul discontinuu.

discontinuu constă în umplerea fermentatorului cu materialul destinat fermentării, pentru scurt timp începînd o fermentație aerobă, exotermă, care ridică temperatura la 30—35°C, apoi acesta continuă anaerob cu producere de metan. Temperatura atinsă inițial se menține fie prin faptul că pereții fermentatorului sînt suficient de groși pentru a-l izola de exterior, fie prin reîncălzirea artificială în perioadele reci. Procedeul se pretează în cazul cînd se folosește un material fibros sau gunoi de grajd în scopul fermentării. Are neajunsul că obținerea biogazului este discontinuă; eliminarea neajunsului se face prin instalarea a două sau mai multe fermentatoare, în timp ce unul produce biogaz, celălalt se află în fazele de umplere sau golire.

Procedeul quasicontinuu de umplere și golire a fermentatorului este cel mai vechi și mai obișnuit. Instalația este dotată cu dispozitiv de golire (zilnică sau la cîteva zile) a unei cantități din materialul fermentat și înlocuirea cu altul proaspăt, nefermentat (vezi fig. 5.33). Nămolul de bovine sau porcine folosit în acest scop trebuie să conțină 7—10% substanță uscată, materialul păios fiind tocat. Agitatorul și dispozitivul de eliminare a spumei sînt indispensabile. Fermentarea durează 20—30 zile de obicei, uneori mai mult (40—60 zile). Nămolul trebuie să conțină peste 100 mg/ N/1, în special ca NH_3 pentru nevoile bacteriilor, precum și alte elemente minerale necesare nutriției lor. Agitarea periodică a nămolului din fermentator este impusă de faptul că bulele de gaz ce se ridică la suprafață antrenează substanțele organice, formînd o pojghiță groasă care frînează ieșirea gazului în clopotul de deasupra. Gazul se colectează în unul sau mai multe rezervoare de stocare, de unde este distribuit spre consumatori. Dacă temperatura din fermentator scade sub 30°C, încălzirea se face printr-o conductă în formă de spirală prin care circulă apă caldă, sau se introduc vapori de apă la 100°C o dată cu nămolul proaspăt. Cînd temperatura scade prea mult, fermentația pornește din nou foarte lent, chiar dacă temperatura atinge valori normale.

Fermentatorul poate fi instalat la suprafața solului sau sub suprafață. Pereții acestuia pot fi confecționați din beton, piatră, din material sintetic sau chiar din argilă. La un rezervor de 100 m³, pereții cilindrului de beton sînt dubli (20 cm grosimea unui cilindru), între cei 2 cilindri fiind un strat de 1,5 cm vată de sticlă drept izolator. Capacitatea fermentatorului este cam de 2 m³/cap de vită mare în cazul folosirii dejecțiilor zootehnice ca material fermentabil.

Producția de biogaz variază în limite largi. Unii autori (W i l l i et al., 1980) menționează 1,13 m³/kg de substanță uscată, alții (J a g o d i n, 1980) consideră că se eliberează 400 l biogaz/kg substanță organică (practic doar 200 l, deoarece 1/3 din substanța organică rămîne nefermentată); în fine, în Franța se menționează 0,35 m³ biogaz/kg de substanță uscată.

La o familie ce consumă zilnic 1,5 m³ biogaz, fermentatorul trebuie să aibă un volum de 0,100 m³ pentru fiecare zi de consum în timpul fermentării.

După fermentarea metanică, se remarcă scăderea conținutului de substanță organică din nămolul introdus în fermentator cam cu 40% în cazul celui de bovine și cu 20—30% în cazul celui de porcine. Azotul total scade cu 5—10%, crescînd ușor forma amoniacală. Alte elemente minerale rămîn în cantități neschimbate. Reziduul ce se obține după fermentarea metanică are, prin urmare, o valoare fertilizantă mai scăzută decît a nămolului introdus în fermentator. Există și avantajul că prin fermentarea anaerobă dispare o mare parte din germenii patogeni. Calculele demonstrează că pe timp de iarnă circa 60% din biogazul obținut se folosește pentru încălzirea fermentatorului, dacă temperatura atmosferică este de —5°C, iar cînd aceasta ajunge la —20°C, circa 75% din biogazul obținut se folosește în același scop. Pe timp de vară se consumă pentru încălzirea fermentatorului doar 20—30% din producția de biogaz.

Scanned with OKEN Scanner

Teste recapitulative

5.9.1. Explicați compoziția chimică a gunoiului de grajd și a nămolurilor zootehnice: arătați importanța utilizării lor rațională în agricultura intensivă, concomitent cu îngrășămintele chimice, pentru menținerea sau sporirea fertilității solurilor.

5.9.2. Arătați necesitatea valorificării ca îngrășăminte a nămolurilor ce provin de la epurarea apelor uzate orășenești și a diverselor composturi, cu precizarea restricțiilor ce se impun pentru evitarea poluării mediului ambiant.

5.9.3. Explicați durata efectului îngrășămintelor organice aplicate în soluri și influența lor asupra indicilor ce caracterizează starea de fertilitate.

5.9.4. Descrieți componentele unei instalații de obținere a biogazului. Arătați necesitatea extinderii utilizării unor asemenea instalații în contextul crizei energetice contemporane.

5.10. ÎNGRĂȘĂMINTELE ȘI CALITATEA RECOLTEI

Valoarea alimentară a produselor agricole poate fi apreciată pe de o parte prin conținutul și calitatea principiilor nutritive, pe de alta în funcție de unele însușiri fizice, cum sînt culoarea, mărimea, greutatea hectolitrică etc., elemente ce au o semnificație de natură comercială. Conținutul în substanțe nutritive calorigene, esențiale funcționării organismului animal, conferă valoarea energetică a produselor. Stabilirea valorii energetice a unui produs se face înmulțind conținutul acestuia în glucide, lipide sau protide cu coeficienții calorigeni stabiliți experimental: glucide = = 4,1 kcal/g sau 16,7 kJ; lipide = 9,3 kcal/g sau 37,7 kJ; protide = 4,1 kcal/g sau 16,7 kJ.

Este evident rolul cultivării plantelor în obținerea de proteine, grăsimi, amidon, zaharuri, celuloză, vitamine, alcaloizi, uleiuri eterice și alți compuși utilizabili în hrana omului sau animalelor și ca materii prime destinate industriei. O mare importanță se acordă asigurării necesarului de proteine în nutriția umană sau animală. În acest sens se urmărește creșterea conținutului de proteine din produsele vegetale și îmbunătățirea valorii lor biologice.

Valoarea biologică a proteinelor dintr-un produs vegetal se apreciază în funcție de cantitatea de azot reținut în organism din azotul total consumat.

Biosinteza substanțelor de care depinde calitatea recoltelor este influențată de condițiile de nutriție minerală a plantelor. În funcție de aceste condiții, conținutul proteinei la grîu poate oscila între 9—25%, amidonul din cartof între 10—24%, zahărul din sfecla de zahăr între 12—22%. Conținutul de grăsimi în semințe, de zaharuri și vitamine la fructe și legume se poate schimba de asemenea foarte mult, în funcție de condițiile de cultivare.

Aprovizionarea corespunzătoare a plantelor cu azot este o condiție esențială pentru biosinteza proteinelor. Acumularea în bob a acestor substanțe este însoțită de scăderea conținutului de amidon (fig. 5.34).

Scăderea conținutului glucidelor în cazul unui exces de azot în mediul nutritiv se explică prin faptul că, în metabolismul azotului (reducerea nitraților, biosinteza aminoacizilor, amidelor, bazelor azotate, acizilor nucleici și a altor substanțe cu azot), planta consumă o cantitate mare de energie, pe care o procură din procesul de oxidare a glucidelor.

O mare importanță pentru calitatea recoltelor o au formele îngrășămintelor cu azot. Dacă planta este hrănită cu azot amoniacal, metabolismul duce la acumularea unei mari cantități de compuși reduși, ca uleiuri eterice, alcaloizi, iar dacă sursa de hrană o reprezintă nitrații, atunci duce la formarea compușilor de oxidare, în special a acizilor organici.

Fosforul exercită o acțiune foarte puternică asupra multor procese biochimice din plantă, participînd în mod direct la sinteza zaharozei, amidonului și lipidelor; sub influența fosforului se intensifică sinteza proteinelor, însă, într-o măsură mai mică decît sinteza zaharozei și amidonului. Deci, dacă fosforul nu este în cantitate

Scanned with OKEN Scanner

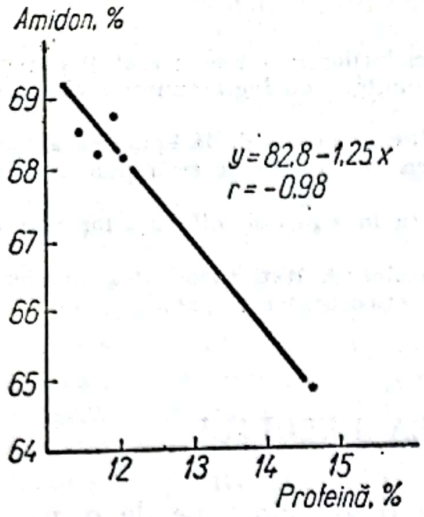


Fig. 5.34. Corelația proteină-amidon la diferite nivele de îngrășare cu azot și fosfor la grîu (după Caramete, 1969).

suficientă, conținutul de zaharoză și amidon din plante este mai scăzut prin comparație cu conținutul proteinei, iar dacă se aplică fosfor, intensitatea sintezei glucidelor crește într-o măsură mai mare față de intensitatea sintezei proteinelor. Fosforul are un rol important în metabolismul energetic.

Potasiul are acțiune pozitivă asupra intensității fotosintezei și asupra acumulării în plante a zaharozei, amidonului și lipidelor. Potasiul este, de asemenea, implicat în procesele enzimatice care asigură sinteza proteinei și în translocarea compușilor cu azot în bob. Dacă planta nu este aprovizionată satisfăcător cu potasiu, sinteza zaharurilor, a amidonului și lipidelor este încetinită, iar conținutul monozaharidelor din plante crește.

Deci, compoziția chimică a plantei și calitatea recoltei pot fi modificate prin condițiile de nutriție.

Influența azotului din îngrășăminte asupra conținutului și calității proteinei. Numeroase cercetări au demonstrat că îngrășămintele reprezintă factorul cel mai eficace în ridicarea calității recoltelor. Prin administrarea îngrășămintelor se poate dirija, într-o anumită măsură, metabolismul în direcția dorită și se poate favoriza acumularea proteinelor, amidonului, zahărului, grăsimilor și a altor substanțe în plantă. O asemenea influență depinde de numeroși factori: planta de cultură (soiul sau hibridul cultivat), tipul de sol, nivelul hidric al solului și, deosebit de important, metoda, epoca și doza de aplicare a îngrășămintelor.

Cereale. Deși leguminoaselor le revine primul loc din punctul de vedere al conținutului în proteine, importanța ridicării nivelului proteic al cerealelor este deosebită deoarece, la nivel mondial, cea mai mare cantitate de proteină este produsă de cereale; proteina provenită din cereale se cifrează la aproximativ 105 mil. t/an, pe cînd cea provenită din leguminoasele pentru boabe, la 28 mil. t/an (Jalil și Tahir, 1973).

Cerealele constituie o sursă de glucide, proteine și grăsimi și, pentru a deveni alimente complete, trebuie să fie suplimentate numai cu săruri minerale, vitamine și anumiți aminoacizi.

Boabele cerealelor conțin în cea mai mare proporție glucide, acestea fiind reprezentate în special de amidon. Bobul de grîu conține 61—75,8% glucide. După amidon se situează proteina, în cantitate de 8—10% în bobul de porumb și 12—14% în cel de grîu. În ceea ce privește grăsimile, porumbul are conținut mai ridicat în aceste substanțe comparativ cu alte cereale. În bob există și o serie de alte substanțe în cantități mai mici (fosfatide, vitamine, enzime etc.).

Conținutul proteic al grîului variază în funcție de climă, fiind mai mare în climatele secetoase. În condiții de irigare, conținutul în substanțe proteice este mai scăzut.

Substanțele minerale (1,5—2,3%) sînt reprezentate prin fosfor, potasiu, magneziu etc, fiind localizate în principal în părțile periferice ale bobului, din care cauză făina integrală este mai bogată în substanțe minerale decît făina albă.

Conținutul de aminoacizi la cereale este în funcție de conținutul în azot total al bobului. La un conținut ridicat în azot al bobului se înregistrează un conținut mai scăzut în aminoacizi esențiali.

Grîul reacționează la îngrășămintele cu azot prin sporirea conținutului de proteine. Pe cernoziomurile de la Fundulea și Podu Iloaiei, efectul azotului asupra sporului de proteină (de aproximativ 4%) se manifestă pînă la doza de 160 kg N/ha

Scanned with OKEN Scanner

Pe solurile cernoziomice din nordul țării, deși există o creștere semnificativă a conținutului de proteină în funcție de doza de azot, aceasta este, în mare parte, determinată de nivelul aprovizionării solului cu fosfor. În prezența unor cantități ridicate de fosfor, acumularea proteinei este defavorizată, ceea ce se explică prin efectele de inhibare pe care le manifestă fosforul acumulat în exces în plantă asupra unor mecanisme biochimice de care depind creșterea și dezvoltarea plantelor. În asemenea situații scade concentrația acizilor organici ca și a glucidelor, ca urmare a perturbării proceselor de fosforilare (B u t h e r, 1967).

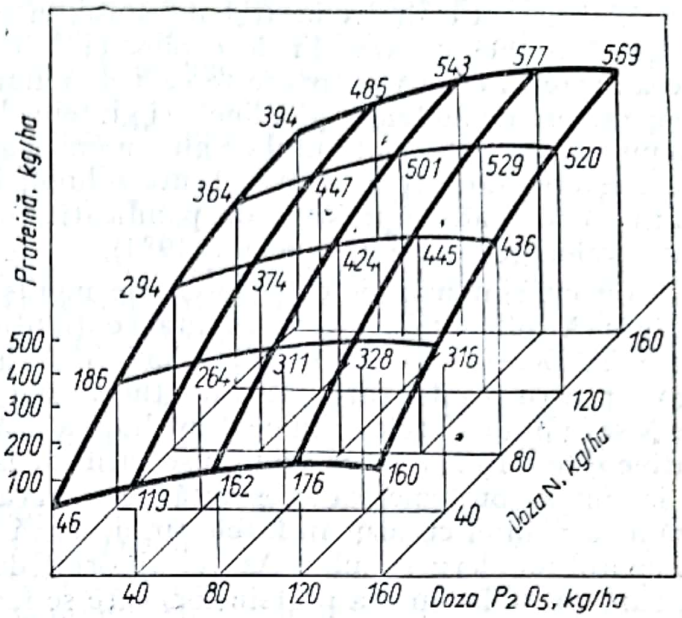


Fig. 5.35. Influența dozelor și rapoartelor de îngrășăminte cu azot și fosfor asupra producției de proteină la grîu pe solul brun-podzolit de la Albota (P o p e s c u și colab., 1984).

În cazul solurilor podzolice se obțin, sub influența fertilizării cu azot, producții de proteină mai scăzute decît pe cernoziomuri. Dintre factorii ce conduc la realizarea acestui efect, pondere importantă revine conținutului ridicat al formelor mobile de aluminiu. Acesta încă din rădăcină împiedică transformarea compușilor neproteici cu azot în combinații proteice. Ca urmare, conținutul de albumine și globuline din bobul de grîu scade. În astfel de situații, un rol deosebit revine amendamentelor calcaroase și îngrășămintelor cu fosfor, care duc la fixarea aluminiului din sol în combinații greu solubile. Aplicarea unor doze relativ mari de îngrășăminte cu azot sporește mai mult conținutul de proteină brută din boabe la grîul cultivat pe soluri podzolice fertilizate cu cantități corespunzător ridicate de îngrășăminte cu fosfor (fig. 5.35).

Pe solurile cernoziomice, deși îngrășămintele cu fosfor nu măresc conținutul de proteine în bobul de grîu, ele totuși realizează niveluri ridicate de proteine la hectar datorită recoltelor superioare (tabelul 5.56).

Tabelul 5.56

Influența îngrășămintelor cu azot și fosfor asupra acumulării proteinei în bobul de grîu de la soiul Dacia (după O p r o i u și colab., 1978)

Doza P_2O_5 (kg/ha)	Indice de calitate	N_0	N_{40}	N_{80}	N_{120}	N_{160}
P_0	Proteină, %	11,40	12,43	14,10	15,49	15,90
	Proteină, kg/ha	108	215	294	299	302
P_{80}	Proteină, %	10,76	11,40	12,48	14,42	15,45
	Proteină, kg/ha	127	257	336	424	444

La grîu au loc, o dată cu creșterea dozei de azot, schimbări semnificative în compoziția calitativă a proteinei. Între conținutul de proteină și lizină există o proporționalitate inversă. O dată cu creșterea conținutului de proteină de la 10,6 la 17,1, conținutul relativ de lizină scade de la 2,9 la 2,2 g/100 g proteină. Aceste fapte arată că aplicarea îngrășămintelor cu azot provoacă scăderea valorii biologice a proteinelor de rezervă la grîu (H e r a și colab., 1979).

Scanned with OKEN Scanner

Sub aspect calitativ nu trebuie omise, în cazul grîului, însușirile de panificație. Îngrășămintele cu azot în doze pînă la 200 kg/ha sporesc conținutul de gluten, ceea ce are ca efect pozitiv creșterea volumului pîinii. Cele două fracțiuni proteice generatoare de gluten — gliadinele și glutelinele — sînt cele mai receptive la îngrășămintele cu azot. Conținutul de gluten umed și cel uscat prezintă o creștere lineară cu creșterea dozelor de azot aplicate solului. La dozele de 120 și 180 kg N/ha se obține o calitate superioară de panificație, nota farinografică atingînd cele mai mari valori (O p r o i u și colab., 1981).

Cu cît sînt mai ridicate dozele de îngrășăminte cu azot, cu atît este mai puternică influența acestora asupra conținutului de azot din bob și a proteinei bobului. Dozele excesive de îngrășăminte cu azot pot fi însoțite de efecte dăunătoare pentru plante, care pot fi înlăturate sau micșorate, dacă o fracțiune din doza de N se aplică în fazele tîrzii de dezvoltare a plantelor, cînd creșterea organelor vegetative este terminată, iar azotul este utilizat la formarea organelor de reproducere și la sinteza proteinei ca substanță de rezervă în bob. De mare însemnătate este hrănirea plantei cu azot în fazele tîrzii, adică în fazele de înspicare, înflorire și la începutul umplerii bobului. Azotul absorbit de plante în aceste faze este utilizat în bună parte la sinteza proteinelor, care se face foarte intens în perioada umplerii bobului.

Prin administrarea îngrășămintelor cu azot la grîu în faza de înspicare, o dată cu apa de irigare, se îmbunătățesc însușirile calitative ale făinii prin comparație cu administrarea din toamnă sau fracționat în faze mai timpurii; crește conținutul de proteină brută, gluten uscat și volumul pîinii (O p r o i u și colab., 1980).

Absorbția azotului de către plantă și sinteza proteinei depind și de condițiile nutriției cu alte elemente minerale, în primul rînd cu sulf și fosfor. Majoritatea cercetătorilor consideră că fertilizarea solului neechilibrat cu fosfor duce la scăderea conținutului de proteină din bobul de grîu și a însușirilor de panificație a făinii. Este necesar să se mențină un echilibru în nutriția plantei cu azot și fosfor în toată perioada de creștere a acesteia. Pe de altă parte, dozele excesive de îngrășăminte potasice conduc la scăderea conținutului proteinei din bob (M o s o l o v, 1962). Această acțiune negativă se explică prin faptul că potasiul este necesar în cantități mari pentru creșterea plantei și biosinteza proteinelor, dar el stimulează mai intens sinteza și deplasarea glucidelor decît sinteza substanțelor cu azot. De aceea, cînd se aplică doze mari de îngrășăminte cu potasiu crește sinteza și deplasarea glucidelor din alte organe spre semințe, se acumulează mult amidon, iar conținutul proteinelor scade.

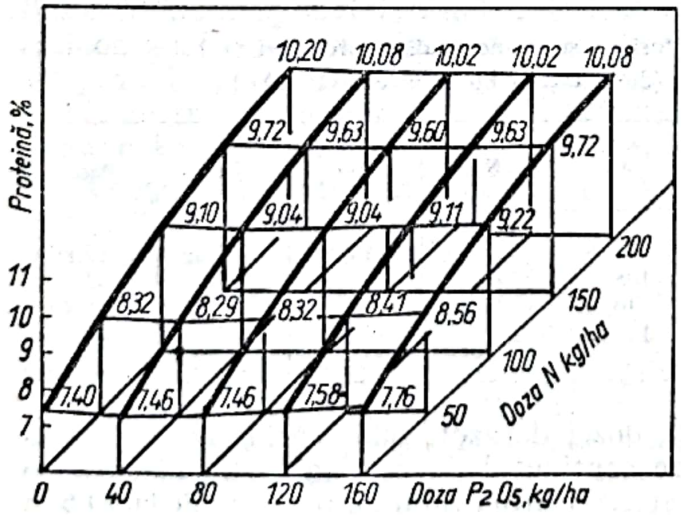


Fig. 5.36. Modificarea conținutului de proteină la porumb, pe solul brun-podzolit de la Albota ca efect al fertilizării cu azot și fosfor (după P o p e s c u, și colab., 1984).

Porumbul produce recolte foarte mari dar cu conținut scăzut de proteină în bob, ceea ce scade valoarea lui furajeră și alimentară.

Cea mai mare creștere a recoltei și calității proteinei din bob se obține prin folosirea îngrășămintelor cu azot. Pe un sol brun luvic de la Albota, unde îngrășămintele cu azot s-au aplicat în doze de 50—200 kg s.a./ha, pe fondul unor doze de 40—160 kg P_2O_5/ha, s-au obținut rezultatele prezentate în figura 5.36. Conținutul de proteină la porumbul nefertilizat s-a situat sub 8% și s-a ridicat la 10,2% prin aplicarea îngrășă-

Scanned with OKEN Scanner

mintelor cu azot în cantitate de 200 kg s.a./ha. Fosforul nu a modificat conținutul de proteină dar, ca urmare a acțiunii asupra creșterii și dezvoltării plantelor, a adus o contribuție importantă la sporirea producției de proteină la unitatea de suprafață.

Un mijloc eficient pentru mărirea conținutului de proteină la porumbul pentru siloz este stropirea foliară cu soluții de uree. Aceasta pătrunde ușor în țesuturile frunzelor și se transformă repede în aminoacizi și proteine, îmbogățind furajul cu proteine.

Cel mai adesea, aplicarea azotului primăvara și în cursul perioadei de vegetație dă rezultate superioare comparativ cu administrarea din toamnă. Conținutul cel mai ridicat de proteină se înregistrează în cazul utilizării a 80 kg N/ha la semănat și 40 kg N/ha în stadiul de 6—8 frunze.

O fracțiune din doza de azot se poate aplica o dată cu apa de irigare prin aspersiune în faza apariției paniculului de porumb, ceea ce conduce la îmbunătățirea valorii biologice a proteinei.

Proteinele porumbului obișnuit sînt sărace în aminoacizii necesari organismului cum ar fi lizină, triptofan, treonină, valină și cistină. Conținutul de zeină (prolamina porumbului) crește o dată cu creșterea conținutului de azot. Dintre aminoacizii esențiali, numai izoleucina și leucina sînt la un nivel mai ridicat în zeină. Cei doi aminoacizi esențiali, lizina și triptofanul, sînt prezenți în cantități foarte mici în zeină. În literatura de specialitate există părerea că intensificarea nutriției cu fosfor și potasiu, pe fondul dozelor ridicate de azot, poate avea influență favorabilă asupra fracțiilor proteice din bob, scăzînd fracția zeinei din proteina totală, fără a se micșora conținutul de proteină (P a v l o v, 1967). Conținutul de proteină brută crește evident pînă la doza de 100 kg N/ha.

Unii aminoacizi cum sînt arginina, acidul glumatic și fenilalanina continuă să crească într-un ritm accentuat chiar și în prezența a 200 kg N/ha.

Afectînd conținutul de aminoacizi, fertilizarea cu azot influențează și calitatea proteinei. Scăderea valorii biologice a proteinei prin fertilizarea cu azot, ca rezultat al scăderii conținutului aminoacizilor esențiali, este ilustrată de datele din tabelul 5.57.

Tabelul 5.57

Raportul între conținutul în proteină și valoarea biologică a porumbului (după M e r t z, 1963)

Nr. exp.	Îngrășarea cu azot	Proteină brută (%)	Valoarea biologică a proteinei	Zeina (%)	Conținutul în proteină	
					Lizină (%)	Triptofan (%)
I	normală	7,32	68,6	23,2	2,92	0,87
	mărită	10,73	63,0	32,9	2,72	0,75
II	normală	13,47	46,9	46,4	2,19	0,71
	mărită	20,04	44,7	57,7	1,76	0,55
III	normală	9,23	56,8	45,1	2,19	0,76
	mărită	21,07	46,5	49,2	1,77	0,57

Porumbul Opaque 2 are conținut mai ridicat de aminoacizi esențiali comparativ cu hibrizii comuni (Opaque 2 conține 3,7 g lizină, față de numai 1,6 g lizină la 100 g proteină la hibrizii comuni).

În condițiile țării noastre, fertilizarea permite ridicarea nivelului proteinei pînă la 11—12% la porumb, contribuind la valorificarea potențialului genetic al hibrizilor cultivați.

Scanned with OKEN Scanner

Leguminoasele. În rezolvarea necesarului organismelor umane și animale de proteină vegetală un rol important revine leguminoaselor pentru boabe, ele conținînd de 2—3 ori mai multă proteină decît cerealele. Mărirea suprafețelor culturilor cu leguminoase permite creșterea balanței proteinei din furaje.

Calitatea recoltei și conținutul proteic sînt determinate de intensitatea fixării azotului de către bacteriile simbiotice. Pentru obținerea de recolte mari este nevoie de condiții care să favorizeze fixarea azotului din atmosferă. Dintre aceste condiții fac parte, înainte de toate, inocularea leguminoaselor cu tulpini corespunzătoare de bacterii fixatoare de azot, aplicarea amendamentelor pe solurile acide, folosirea îngrășămintelor cu fosfor și potasiu care stimulează formarea și creșterea nodozităților și intensifică fixarea azotului. Îngrășămintele cu microelemente îmbunătățesc calitatea recoltei la leguminoase, mai ales cele cu molibden, care duc la creșterea recoltei, a conținutului de proteină din bob, stimulînd fixarea azotului atmosferic de către plantele leguminoase.

La soia se constată o strînsă dependență între conținutul de proteină și aplicarea îngrășămintelor cu azot. Experimental s-a constatat că producția de proteină a crescut de la 586 kg/ha în condiții de nefertilizare, la 806 kg/ha în cazul aplicării dozei de 120 kg N/ha (Segărceanu și Bîrlea, 1977). Pe de altă parte inocularea semințelor de soia înainte de însămînțat cu tulpini de bacterii cu capacitate ridicată de fixare a azotului molecular din atmosferă poate produce sporuri de recoltă și proteină echivalente dozelor mari de îngrășăminte cu N (Bălan și colab., 1982).

Mazărea reacționează foarte bine la îngrășămintele cu fosfor, uneori și la cele cu potasiu, dar slab la cele cu azot. Fosforul are un efect pozitiv nu numai asupra producției, ci favorizează și dezvoltarea nodozităților, grăbește coacerea boabelor, îmbunătățindu-se însușirile de fierbere, mărind conținutul proteic. O influență asemănătoare are și folosirea microelementelor (molibden, bor, mangan) asupra formării nodozităților și a conținutului de proteină.

Plantele furajere. Proteina constituie un element principal al calității furajului. Aplicarea îngrășămintelor cu azot și fosfor duce la mărirea semnificativă a producției și la creșterea calității. La lucernă, în silvostepa Moldovei, s-au evidențiat sporuri de producție de proteină la doza de 64 kg N/ha. În prezența fosforului, cantitatea de proteină a crescut și mai mult, ca și numărul de unități nutritive (tabelul 5.58).

Îngrășămintele cu azot măresc conținutul de proteină și la sfecla furajeră. Asemenea efect pozitiv se remarcă pînă la doza de 350 kg N/ha (Moga și colab., 1973).

La porumbul cultivat pentru siloz, s-a pus în evidență creșterea proporțională a conținutului de acizi aminici din plantă cu creșterea dozei de azot pînă la circa 300 kg N/ha.

Tabelul 5.58

Influența îngrășămintelor cu azot și fosfor asupra conținutului de proteină și unități nutritive la lucernă (după Timirgaziu și colab., 1973)

Varianta	Proteină brută (kg/ha)	Unități nutritive
Neîngrășat	1 643	5 122
N_{64}	1 968	5 802
$N_{64}P_{64}$	2 062	6 895

Aplicarea dozelor excesive de îngrășăminte cu azot poate spori acumularea azotului nitric în plantele furajere care, cum s-a mai amintit, poate deveni toxic pentru animale cînd depășește o anumită limită.

Cercetările făcute la porumbul furajer au arătat că paralel cu dozele progresive de azot crește și conținutul de azot din plantă. La o anumită doză de îngrășăminte cu azot aplicate solului se încetinește ritmul de acumulare a azotului proteic, crescînd în schimb conținutul de azot neproteic (fig. 5.37).

Scanned with OKEN Scanner

În atmosfera lipsită de oxigen din rumenul rumegătoarelor, nitrații sînt reduși la nitriți care contribuie la inactivarea hemoglobinei (H e d i n și D u v a l, 1963). Simptomele intoxicării cu nitriți seamănă cu cele produse de acidul cianhidric și se pot confunda. Se admite că pentru o vită de 225 kg, ingestia a 5,5 kg fîn conținînd 0,7% azot nitric este mortală, iar pentru un furaj care nu conține decît 0,2% azot nitric se constată numai o pierdere în greutate a animalelor.

La sfecla furajeră fertilizată cu doze ridicate de azot, nitrații se pot acumula în rădăcină în cantități de peste 1 000 mg/100 g s.u. (M o g a și colab., 1973), cantități care, cel puțin sub aspect teoretic, prezintă un risc potențial ridicat. Cercetările au arătat însă, că, hrănind tineretul bovin cu furaje fertilizate cu doze de azot pînă la 300 kg N/ha, se înregistrează sporuri semnificative în greutate fără să se constate vreo reacție negativă a animalelor față de conținutul ridicat de nitrați din aceste furaje.

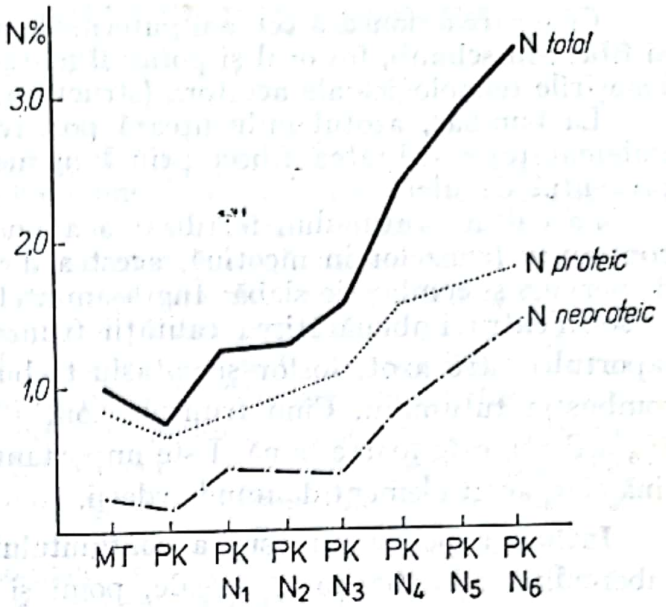


Fig. 5.37. Modificarea conținutului de N total, N proteic, N neproteic din porumbul furajer, sub influența îngrășămintelor chimice (după **D. D a v i d e s c u, C. C a r a m e t e**, 1967).

Influența fosforului din îngrășăminte asupra conținutului și calității lipidelor din recolte. La floarea-soarelui interesează foarte mult conținutul de grăsimi. Acestea se formează din glucide, iar între conținutul de proteine și grăsimi există o relație inversă: dacă crește conținutul de grăsimi din semințe, scade cel de proteine și invers. Pentru creșterea conținutului de grăsimi din semințe este necesar să se creeze condiții de nutriție a plantelor care să favorizeze acumularea glucidelor, creșterea sintezei grăsimilor și scăderea conținutului de proteine. Un efect pozitiv asupra cantității de ulei din semințe au îngrășămintele cu fosfor și cele cu potasiu.

Fosforul sporește evident procentul de ulei din semințe și contribuie la creșterea producției.

Îngrășămintele cu azot intensifică sinteza proteinelor, scăzînd conținutul de grăsimi. Totodată se observă o schimbare a componenței calitative a grăsimilor. Acest lucru are importanță, deoarece unii acizi grași nesaturați nu se pot sintetiza în organismul omului, dar participă în metabolism și trebuie să se găsească în hrană.

În ceea ce privește cultura inului pe cernoziomuri și soluri brune, dozele de îngrășăminte cu fosfor trebuie să fie mai mari decît cele cu azot pentru a mări rezistența la cădere și valoarea tehnologică a plantelor. Fertilizarea cu potasiu asigură folosirea mai bună a apei din sol, activează rolul fosforului, mărește conținutul de ulei al semințelor și indicii tehnologici calitativi ai uleiului. Aplicarea îngrășămintelor se face diferențiat la inul de ulei și la inul mixt.

La inul de fuior, azotul favorizează creșterea tulpinii, randamentul de fibre și calitatea lor, iar fosforul sporește numărul de fibre elementare în fascicule și duce la îngroșarea pereților fibrelor. Potasiul are rol în formarea fasciculelor compacte, biosinteza celulozei și în rezistența fibrelor.

Scanned with OKEN Scanner

Cînepa reacționează cel mai puternic la azot prin mărirea producției de tulpini și fibre; în schimb, fosforul și potasiul măresc randamentul fibrelor, îmbunătățind însușirile tehnologice ale acestora (structura, rezistența, elasticitatea etc.).

La bumbac, azotul influențează pozitiv producția de fibre și ulei, fosforul îmbunătățește calitatea fibrei prin lungime și rezistență, iar potasiul mărește procentul de ulei.

La cultura tutunului, fertilizarea abundentă cu azot și clima umedă măresc conținutul frunzelor în nicotină, acestea devenind grosiere, cu un procent ridicat de nervuri și combustie slabă. Îngrășămintele cu azot se aplică diferențiat, funcție de soi. Pentru îmbunătățirea calității frunzelor (elasticitate, culoare, combustie), raportul dintre azot, fosfor și potasiu trebuie să fie echilibrat. Potasiul afectează combustia tutunului. Cînd frunzele conțin 5% potasiu, țigările ard bine, iar la 7% arderea este foarte bună. Este important ca îngrășămintele potasice să nu conțină clor, acest element dăunînd arderii.

Influența potasiului asupra conținutului de glucide din produsele vegetale. La tuberculifere, rădăcinoase, cereale, pomi și viță de vie recolta este reprezentată în cea mai mare parte de glucide. Astfel, la grîu 75% din bob îl reprezintă glucidele. Cantitatea și calitatea acestora este în strînsă corelație cu factorii de mediu, inclusiv cu cei de nutriție. Azotul și potasiul influențează pozitiv suprafața foliară și, în final, sinteza glucidelor.

La cartof, calitatea tuberculilor se apreciază după conținutul acestora în amidon. Îngrășămintele minerale ce conțin mult clor, scad conținutul amidonului. Dacă clorul din îngrășămînt se spală în perioada de toamnă-primăvară, sau dacă se folosește K_2SO_4 ca îngrășămînt, crește nivelul recoltei și calitatea tuberculilor. Cartoful este o cultură mare consumatoare de potasiu. Un nivel adecvat de K în sol stimulează asimilația CO_2 și translocarea glucidelor din frunze spre tuberculi de cartof. De aceea, plantele bine aprovizionate cu potasiu formează tuberculi cu conținut ridicat de amidon. Îngrășămintele cu azot măresc recolta de tuberculi, dar micșorează procentul de amidon din tuberculi. Doza de 60 kg P_2O_5/ha aplicată împreună cu îngrășăminte conținînd azot și potasiu + gunoi de grajd mărește conținutul tuberculilor în amidon, acid ascorbic, proteină și substanță uscată

Influența îngrășămintelor minerale se remarcă și în ceea ce privește pierderile în timpul păstrării produselor, acestea fiind mai mici datorită îmbunătățirii compoziției chimice a tuberculilor și creșterii rezistenței lor la agenți patogeni.

Îngrășămintele cu azot micșorează conținutul de vitamină C din tuberculi. Dacă se aplică și îngrășăminte cu fosfor și potasiu, acțiunea negativă a fertilizării cu azot asupra biosintezei acidului ascorbic se micșorează.

Calitatea sfeclei de zahăr depinde în primul rînd de conținutul rădăcinilor în zahăr, compuși amino-solubili și de conținutul de elemente minerale, în special potasiu și sodiu. Prezența unor cantități mari de compuși amino-solubili și de elemente minerale frînează cristalizarea în timpul rafinării zahărului. O nutriție adecvată cu potasiu este însoțită de mărirea conținutului de zahăr (Gutstein, 1967) și de scăderea conținutului de compuși amino-solubili (Draycott și colab., 1970). Pentru creșterea conținutului de zahăr în rădăcini și micșorarea factorilor melasigeni, se scade nivelul fertilizării cu azot în a doua parte a vegetației, sporind fertilizarea cu fosfor și potasiu. Fertilizarea optimă combinată cu irigarea influențează obținerea de producții maxime de calitate corespunzătoare.

Scanned with OKEN Scanner

6. CONTROLUL FERTILITĂȚII SOLULUI PRIN PROCEDEE AGROCHIMICE

Fertilitatea este una din cele mai importante însușiri ale solului. Conținutul în elemente necesare nutriției constituie o componentă esențială a acestei însușiri. Nu se pot aplica rațional îngrășămintele chimice sau organice, amendamentele, fără investigații competente asupra însușirilor de care se leagă starea de fertilitate. Conținutul total de elemente prezintă o anumită semnificație pentru definirea stării de fertilitate, însă, cum s-a văzut în capitolele precedente, cea mai mare parte a acestora se află în compuși lent accesibili; de aceea s-a simțit nevoia introducerii noțiunii de „elemente în forme ușor accesibile plantelor". Noțiunea satisface doar parțial, deoarece metodele de extracție și dozare a formelor „ușor accesibile" dintr-un element nu reproduc în întregime accesibilitatea efectivă a acestora pentru plantele cultivate. Noțiunea a intrat, totuși, în limbajul agrochimic și se folosește în practica testării fertilității solurilor.

Controlul stării de aprovizionare a solurilor cu elemente minerale în forme „ușor accesibile" plantelor se poate face pe mai multe căi: extracția cu solvenți convenționali (tabelul 6.1); extracția prin metode biologice; schimbul de izotopi ca mijloc de investigație; metoda electroultrafiltrării; analiza țesuturilor verzi; experiențe cu îngrășăminte, cultivînd plante în condiții de cîmp sau în casa de vegetație.

Tabelul 6.1

Clasificarea metodelor de extracție a elementelor „ușor accesibile" plantelor, în funcție de solventul utilizat (după Lixandru, 1986)

Solventul	Variante ale metodelor
a. *Extracția cu apă distilată*:	
	— dozarea NO_3^-; B solubil în apă fierbinte; forma de Mn solubil în apă; formele de $NO_3^- + NH_4^+$, PO_4^{3-}, K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-} din soluri de seră; P extras prin metoda Van de Paauw, 1969 (NO_3 se extrage, de regulă, în soluții saline, pentru obținerea de filtrate limpezi).
b. *Extracția cationilor schimbabili*:	
	— spălarea solului cu soluții 1 *n* de acetat de amoniu (se dozează apoi K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}).
	— extracția Mg cu soluție 0,025 M de $CaCl_2$ (metoda Schachtschabel, 1954).
c. *Extracția cu acizi anorganici*:	
	— Extracția fosfaților accesibili cu H_2SO_4 0,002 *n* + $(NH_4)_2SO_4$ la *p*H 3,0 (metoda Truog, SUA);
	— Extracția K accesibil cu HCl 0,1 *n* (în Olanda); cu HCl 0,2 *n* în URSS, zona podzolurilor etc.
	— Extracția Cu accesibil cu soluția de HNO_3 0,43 *n*, după Westerhoff (acceptată în RFG), sau cu HCl 0,1 *n*; metoda cu HCl 0,1 *n* este acceptată și la dozarea Zn accesibil.
	— Extracția K accesibil cu soluție 0,4 *n* de NH_4Cl sau cu $CaCl_2$ 0,1 *n*.
d. *Extracția cu acizi organici*:	
	— Extracția P accesibil cu soluție de acid citric 1% (metoda Arrhenius) folosită pentru soluri subtropicale, umede, în URSS;
	— Extracția P accesibil cu acetat de Na-acid acetic (1937, SUA);
	— Extracția P și K forme accesibile, cu soluția de lactat de Ca 0,02 M și HCl la *p*H 3,6 (metoda Egner-Riehm, 1948), folosită în RFG.
	— Metoda extracției P și K cu soluție de lactat de calciu 0,1 M + acetat de Ca 0,1 M (metoda CAL, după Schüller) cu putere tampon ridicată, utilizabilă la soluri cu *p*H > 6,8 în locul precedentei metode;

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.1. (continuare)

Solventul	Variante ale metodelor
	— Metoda extracției P și K forme accesibile cu soluție de acetat-lactat de amoniu tamponată la *p*H 3,7 (utilizată în România). — Extracția $CaCO_3$ activ și a Zn accesibil cu soluție de oxalat de amoniu 0,2 *n* (calculul indicelui puterii clorozante la plantații de viță de vie și pomi, după Drouineau 1943, și Juste-Pouget, 1972).
e. *Extracția cu soluții alcaline*:	— cu soluție 0,5 M de $NaHCO_3$ se extrag fosfații accesibili din soluri ce conțin $CaCO_3$ liber (metoda Olsen, SUA).
f. *Extracția cu soluții conținînd complexoni*:	— Extracția cu carbonat de amoniu — H_4EDTA (acid etilen diamino tetraacetic) la *p*H 8,6, pentru dozarea Zn (metody Trierweiler—Lindsay, 1969); — Extracția Cu accesibil cu soluție 0,05 M de Na_2EDTA (Mitchel, 1957).
g. *Extracția cu soluții conținînd agenți reducători*:	— Extracția Mn activ cu soluție de $MgSO_4$ 1 n + sulfit de sodiu (Na_2SO_3) ca agent reducător (după Schachtschabel), sau $NaHSO_3$ (după Leeper).

În ansamblu, toate procedeele urmăresc același scop; în realitate, fiecare dintre ele oferă informații satisfăcătoare numai asupra unuia sau a unora dintre elementele nutritive din sol. Coroborarea analizelor efectuate în laborator cu rezultatele obținute din experiențele în condiții de cîmp, completează tabloul informațiilor asupra stării de asigurare a solului cu elemente minerale în forme ușor accesibile, oferă indicații sigure asupra folosirii raționale a îngrășămintelor și amendamentelor, pentru fiecare tip de sol, specie și soi sau hibrid de plante cultivate.

6.1. CONTROLUL FERTILITĂȚII PRIN ANALIZA SOLULUI

Estimarea elementelor ușor accesibile din sol prin extracția cu solvenți convenționali. Extracția cu ajutorul solvenților convenționali se practică de peste un secol. Inițial s-a intenționat ca solventul să reproducă puterea solubilizantă a rădăcinii plantelor. S-a folosit în acest scop apa distilată saturată cu CO_2 (Saidel și Pavlovschi, 1938) sau fără CO_2 (Schachtschabel, 1973). Dar unde sînt localizate aceste elemente? Concepțiile cu privire la „factorul intensitate" (adică concentrația soluției solului într-un anumit element nutritiv) și „factorul capacitate" (adică rezerva de elemente nutritive ce se pot deplasa din faza solidă în soluția solului în perioada de vegetație a plantelor) permit o bază mai sigură de discuții.

Efectiv accesibile plantelor sînt numai elementele ce se află sub formă de ioni în soluția solului. Aceștia au o mișcare în limitele unui spațiu tridimensional (cum s-a arătat cu alt prilej), putîndu-se deplasa prin difuziune sau prin scurgere (mass flow) spre perii radiculari. Cu cît soluția solului este mai concentrată într-o anumită specie de ioni, cu atît crește probabilitatea ajungerii lor la perii radiculari într-o proporție mai mare în unitatea de timp, asigurînd o mai bună nutriție plantelor (Barber, 1962; Mengel și colab., 1969; Grimme și v. Braunschweig, 1974).

Ionii aflați în stare de adsorbție participă, de asemenea, prin schimbul de cationi și anioni, la procesele de nutriție într-o perioadă de vegetație, fiind „ușor accesibili". Cei situați, însă, în spațiile dintre pachetele de aluminosilicați ce alcătuiesc particulele coloidale (vezi fig. 3.8) sînt lent sau greu accesibili plantelor,

Scanned with OKEN Scanner

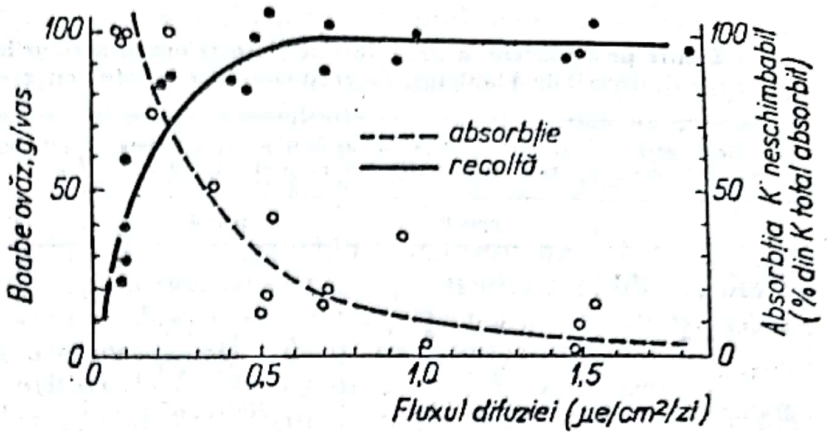


Fig. 6.1. Corelația dintre fluxul difuziei și recoltă, pe de o parte, și K absorbit de plante din forma schimbabilă, pe de alta (după G r i m m e și colab., 1983).

reușind să treacă în soluția solului sau în stare de adsorbție în măsură neînsemnată (sau de loc) într-un sezon de vegetație. Aceștia constituie elemente „potențial accesibile". Mobilitatea lor este foarte scăzută. Ea poate fi apreciată cu ajutorul coeficientului de difuziune. Există o strînsă dependență între fluxul difuziei ionilor K^+ spre rădăcina plantelor și recolta obținută (fig. 6.1). Pentru ionii de potasiu, coeficientul difuziei variază de la 10^{-15} — 10^{-23} cm²/sec., la ionii fixați între pachetele de aluminosilicați ce alcătuiesc particulele de illit, pînă la 10^{-8} cm²/sec la solul uscat și 10^{-6} cm²/sec în soluții apoase (N y e, 1972).

Rezultă că examinarea elementelor nutritive ușor accesibile plantelor prin tratarea solului cu solvenți convenționali nu apare deloc simplă. Cînd se folosesc pentru extracție soluții ale unor acizi tari sînt extrași atît ionii aflați în soluția solului, cei din forma schimbabilă, cît și o parte din ionii situați în forme greu schimbabilei În acest caz, cantitatea de element extras este superioară capacității reale a solulu. de aprovizionare a plantelor cu acel element. Soluții diluate ale unor acizi tari (HNO_3 0,2 *n*; HCl 0,1 *n*; H_2SO_4 0,002 *n* + $(NH_4)_2SO_4$ 0,3%; $HClO_4$ 0,1 *n* + perclorat de Na; soluții tamponate la un anumit *p*H; soluții de NH_4F etc; vezi tabelul 6.1) au fost și sînt încă utilizate la analize de serie pentru motivul că permit obținerea unor filtrate limpezi, sînt rapide, ușor de efectuat și ieftine.

Pentru anumite specii de cationi, forma ușor accesibilă se referă la cei existenți în soluția solului sau reținuți în forme schimbabile. Cea mai mare parte dintre aceștia se află în forma schimbabilă. Determinarea lor se bazează pe tratarea unei probe de sol cu o soluție ce conține altă specie de cationi, care-i deplasează în soluția extractoare; în acest scop se folosesc soluțiile unor săruri de amoniu, de Na sau de Ba. Urmează dozarea ionilor din extract, deplasați de la particulele coloidale, prin metode cantitative clasice sau moderne (spectrofotometrie de emisie sau cu absorbție atomică etc.). Pe acest principiu se bazează dozarea formelor schimbabile de K^+ și Mg^{2+}. În acest scop s-au folosit soluții tamponate de NH_4Cl, CH_3COONH_4, NH_4NO_3, NH_4F și HCl. În mod curent se folosesc soluții 1 *n* de acetat de amoniu sau fluorură de amoniu. Pe această cale, pentru ionii K^+ și Mg^{2+} se obțin valorile corespunzătoare „factorului capacitate". Cînd se folosesc soluții ale sărurilor de sodiu, acestea pot altera rețeaua cristalină a particulelor coloidale, deplasînd în soluție și K^+ greu accesibil, de aceea se obțin valori mai ridicate pentru fracțiunea potasiului ușor accesibil.

În România a fost acceptată pentru dozarea potasiului ușor accesibil plantelor, de către Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie, metoda extracției cu soluție de acetat-lactat de amoniu tamponată la *p*H 3,7 (metoda Egner-Riehm-Domingo, pe scurt metoda AL). Limitele de interpretare a rezultatelor analitice obținute după acest procedeu sînt prezentate în tabelul 6.2. Pentru dozarea Mg^{2+} accesibil se folosește extracția cu soluție de $CaCl_2$ 0,025 *n* (S c h a c h t s c h a b e l, 1954).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.2

Limite de apreciere a gradului de aprovizionare a solurilor cu fosfor și potasiu, forme accesibile plantelor, determinate în extractul cu acetat-lactat de amoniu

Starea de aprovizionare	Culturi de cîmp, pajiști naturale și cultivate, plantații extensive de pomi și viță de vie		Legume în cîmp, plantații intensive de pomi și viță de vie, pepiniere	
	ppm P	ppm K	ppm P	ppm K
Scăzută	< 18	< 66	< 35	< 132
Moderată	18 — 36	66 — 132	35 — 70	132 — 265
Optimă	36 — 72	132 — 200	70 — 110	265 — 400
Ridicată	72 — 144	200 — 265	110 — 144	> 400
Excesivă	> 144	> 265	> 144	

Grimme și Nëmeth (1976) au remarcat că soluțiile unor săruri neutre sau tamponate la un anumit *p*H, cît și cele ale unor acizi diluați deplasează, uneori parțial alteori integral, forma schimbabilă a potasiului. Soluția de $CaCl_2$ 0,025 *n* deplasează între 10—60% din forma schimbabilă a K^+, procentul desorbit fiind mai ridicat cînd complexul adsorbtiv este mai saturat în acest element. Totuși, între concentrația potasiului din soluția solului dozat pe această cale, pe de o parte, și coeficientul de difuziune a K^+ în soluția solului sau potasiul dozat prin metoda electro-ultrafiltrării, pe de alta, există o mai strînsă corelație comparativ cu forma de potasiu schimbabil. În consecință, procedeul extracției cu $CaCl_2$ 0,025 *n* ar putea oferi indicații mai prețioase cu privire la asigurarea solului cu potasiu (Nëmeth, 1975), comparativ cu metodele care folosesc pentru extracție soluții conținînd lactat (fig. 6.1).

Estimarea fosfaților ușor accesibili plantelor este mai greu de efectuat prin metoda extracțiilor cu solvenți convenționali, deoarece, cum s-a menționat în capitolul privind „Agrochimia fosforului", aceștia provin în soluția solului nu numai din forma schimbabilă, ci și din solubilizarea diverselor tipuri de compuși minerali (fosfați de Ca, de Mg, Fe, Al etc.) sau din degradarea biochimică a compușilor organici. Vîrsta compușilor minerali, anumite însușiri ale solului (în primul rînd *p*H-ul), procesele de oxidoreducere etc. pot influența starea de accesibilitate a acestora pentru plante. În general, fosfații precipitați în ultimii ani prezintă o structură amorfă, fiind mai ușor solubili, deci mai ușor accesibili plantelor, comparativ cu cei precipitați de milenii. Prezența anumitor specii de ioni influențează solubilitatea fosfaților din sol: ionii H^+ cresc solubilitatea fosfaților de calciu, iar prezența ionilor Ca^{2+} o micșorează. Dimpotrivă, mediul acid micșorează solubilitatea fosfaților de fer și aluminiu.

Fosfații „accesibili plantelor", din care se completează P din soluția solului absorbit de plante și microorganisme, trebuie să provină în mod firesc din toate tipurile de fosfați existente în sol, în primul rînd din ionii reținuți în forma schimbabilă. În funcție de tipul de sol, de însușirile fizico-chimice ale acestuia pot să predomine fie fosfați de fer și aluminiu (soluri acide), fie cei de calciu (și Mg). În general, într-un anumit tip de sol sînt prezente toate tipurile de fosfați, mai ales fosfații cu structură apatitică. De aceea, extractanții utilizați pentru obținerea fosforului „ușor accesibil plantelor" depind, în cele mai multe cazuri, de tipul de sol. Pentru cernoziomuri ce conțin $CaCO_3$ liber sînt indicați extractanți alcalini, cum este soluția 0,5 M de $NaHCO_3$ cu *p*H 8,5 (*metoda Olsen* și colab., 1954), care nu solubilizează fosfați cu structură apatitică, greu accesibili plantelor (Werner, 1969). Pentru soluri neutre sau slab acide se recomandă *metoda Bray-Kurtz* (1945), care folosește pentru extracție soluție de NH_4F 0,03 *n* + HCl 0,025 *n* cu *p*H 3,5,

Scanned with OKEN Scanner

care extrage cantități de fosfați din sol semnificativ corelabile cu recolta. În fine, se cunosc metode ce folosesc soluții ale unor acizi slabi (citric, acetic, oxalic) sau săruri ale acestora cu Na^+ și NH^+_4, care au tendința de a forma complecși cu ferul și aluminiul. Soluțiile de acid citric solubilizează și fosfați de calciu cu structură apatitică, oferind valori prea mari pentru P accesibil. Mult utilizată în SUA este metoda M o r g a n, care folosește pentru extracție soluție de acetat de sodiu + acid acetic tamponată la *p*H 4,8.

În România, laboratoarele județene de agrochimie folosesc metoda extracției cu acetat-lactat de amoniu, utilizată și pentru dozarea potasiului accesibil. Soluția are însușiri acide, solubilizînd anumiți fosfați de calciu și de fer sau aluminiu accesibili plantelor. Solubilizarea are loc la *p*H relativ constant, soluția AL avînd însușiri tampon. Se extrag cantități de fosfați ce se corelează foarte semnificativ cu recolta în cazul solurilor acide, slab acide sau aproape neutre. La cele cu *p*H peste 7 sînt solubilizați și fosfați de Ca greu accesibili plantelor (L i x a n d r u și colab., 1974). Pentru interpretarea datelor analitice, ICPA-București a propus (1981) un coeficient de corecție (*FC*) funcție de *p*H-ul solului, cu care înmulțind valoarea analitică pentru P_{AL} dozat se obține P_{AL} accesibil sau corectat:

$$FC = 1{,}3\ pH - 0{,}1105\ pH^2 + 2{,}818. \qquad (6.1)$$

Din calcul rezultă valorile de mai jos pentru anumite mărimi *p*H:

*p*H-ul solului	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
FC	1,00	0,96	0,86	0,71	0,50	0,23

Azotul „accesibil plantelor" este mult mai greu de estimat comparativ cu alte macroelemente. Formele minerale NO_3^- și NH_4^+ din soluția solului variază cantitativ mult în sezonul de vegetație, în funcție de raportul C/N din sol, de condițiile de umiditate și temperatură, de procesele de levigare și denitrificare etc. De aceea nu s-au putut stabili corelații sigure între aprovizionarea solului cu $NO_3^- + NH_4^+$ și nivelul recoltei.

Totuși concentrația NO_3^- din soluția solului are semnificație colosală pentru viitorul recoltei scontate. La plantele cultivate în soluții nutritive fără sol (H o a g l a n d și A r n o n, 1950) a rezultat o concentrație optimă petru NO^-_3 de 10—15 me/l, adică 140—200 ppm $N—NO_3^-$. Concentrația NO_3^- din soluția solului poate crește evident peste nivelul optim în anotimpul secetos, atingînd pragul de toxicitate, de aceea valoarea optimă la cultura porumbului, grîului sau tomatelor se consideră în jur de 100 ppm $N—NO_3^-$. În privința formei amoniacale, concentrația optimă ar fi de 10 ppm $N—NH_4^+$ (H a d a s și colab., 1979).

Cel mai acceptat procedeu de testare a azotului accesibil este cel al incubării unei probe de sol timp de 2—3 săptămîni într-un termostat la 25—35°C, cu menținerea umidității corespunzătoare. În timpul incubării se mineralizează biochimic o fracțiune din materia organică cu azot, apoi se determină formele NO_3^- și NH_4^-, ele constituind criteriul de apreciere a accesibilității azotului din sol. Dozarea nu este accesibilă analizelor de serie.

În privința microelementelor, metodele de extracție a formelor ușor accesibile (tabelul 6.1) sînt, uneori, insuficient perfectate în sensul corelației cantităților extrase de diverși solvenți cu nivelul recoltelor. În general, Zn și Cu, puternic adsorbite în sol, sînt extrase cu soluții conținînd agenți de complexare EDTA (acid etilendiamino tetraacetic) 0,05 M; DTPA (acid dietilen triamino pentaacetic) 0,005 *M* și după aceea sînt dozate, la celelalte microelemente folosindu-se metode specifice de extracție și dozare.

Metoda electro ultrafiltrării (EUF). Soluția solului constituie sursa directă de ioni necesari nutriției plantelor, de aceea testarea fertilității solului ar trebui dirijată în sensul cercetării concentrației ionice a acesteia. Concentrația soluției

Scanned with OKEN Scanner

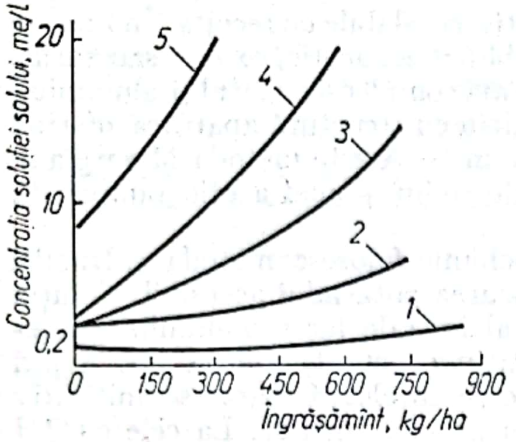


Fig. 6.2. Corelația dintre concentrația K din soluția solului și doza de K aplicat ca îngrășământ la soluri avînd 9—10 mg K schimbabil la 100 g sol:

1 — sol aluvial; *2* — luvisol, pH 6,5; *3* — sol relict; *4*—sol nisipos, humus; *5* — luvisol, pH 5,1.

solului în diverse specii de ioni poate fi influențată de factori ca precipitațiile, temperatura, ritmul de absorbție a elementelor nutritive de către plante, desorbția acestora din faza solidă, procese de difuziune etc. Pe de altă parte, separarea soluției solului de faza solidă este greu de realizat. Se cunosc multe procedee în această privință: presarea solului, centrifugarea, sucțiunea, deplasarea prin folosirea unor lichide miscibile cu apa sau nemiscibile cu apa etc. (Chiriță, 1955; Fried și Broeshart, 1967), toate incomode pentru analize de serie. Ghedroiz (1905) menționa că apa din sol este reținută cu forțe prea mari la particulele coloidale pentru a lăsa nealterată concentrația diferiților ioni din soluția extrasă. Chiar dacă ar rămîne nealterată, această concentrație este numai o „valoare momentană"[1] Relativ recent, Németh și colab. (1974, 1979 etc.) au dezvoltat procedeu electroultrafiltrării de separare a fracțiunii elementelor din sol ce constituie „factorul intensitate" (concentrația soluției solului în acel element) și a fracțiunii ce reprezintă „factorul capacitate", adică rezerva de elemente nutritive în forme schimbabile și ușor accesibile plantelor. Németh consideră că forma schimbabilă a potasiului nu este un criteriu satisfăcător pentru stabilirea nevoii solului în îngrășăminte cu potasiu. În funcție de natura mineralelor argilice, concentrația soluției solului în K^+ crește neregulat, cînd se aplică o anumită doză de îngrășămînt, deși inițial solurile au aproximativ același conținut de K^+ schimbabil (fig. 6.2).

Tehnica electroultrafiltrării se bazează pe desorbția elementelor nutritive dintr-o suspensie apoasă de sol (raportul sol:apă = 1:10) cu ajutorul unui cîmp electric, cationii fiind antrenați la catod unde suferă reacții de reducere, iar anionii sînt atrași la anod unde suferă procesul de oxidare. În timpul separării, intensitatea curentului variază între 50—400 V, semnificînd astfel forța cu care elementele nutritive sînt desorbite din faza solidă. Cantitatea de elemente ușor accesibile se obține în primele 10 minute, la intensitatea de 50 V (primele 5 minute) și, respectiv, 200 V (următoarele 5 minute) la temperatura de 20°C. Extracția durează 35 minute, voltajul schimbîndu-se astfel: 0—5 min. la 50 V (11,1 V/cm); 5—30 min. la 200 V (44,4 V/cm); 30—35 min. la 400 V(88,8 V/cm). Colectarea electroultrafiltratelor se face la următoarele intervale de timp: 1. 0—10 minute; 2. 10—30 minute și 3. între 30—35 minute. Determinarea elementelor din electroultrafiltrate se face prin procedee obișnuite: K, Na și Ca prin spectrofotometrie de emisie; Mg, Mn, Zn, Fe, Cu, și alte metale prin spectrofotometrie cu absorbție atomică, iar B, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, NO_3^- și NH_4^+ prin metode colorimetrice. Elementele desorbite la 400 V caracterizează rezerva de elemente nutritive.

În funcție de valorile P și K găsite la analize se pot preciza dozele aplicabile de îngrășăminte (tabelele 6.3 și 6.4). De asemenea, cantitățile de Fe și Mn oferă posibilitatea stabilirii dozelor de amendament calcaros pentru corectarea reacției solurilor acide.

Exemple de calcul. Pentru producția de 55 t/ha sfeclă de zahăr (6—7 t zahăr/ha), solul trebuie să conțină 15—18 mg K *(EUF)*/100g sol și 1,4—1,6 mg P *(EUF)*/100 g sol, valori obținute la 200 V și 20°C. Acestea corespund la 15—30 mg K schimbabil și, respectiv, 12—24 mg P_2O_5 în extract lactat. Valorile prin metoda *EUF* sînt, deci, mai concludente. După aceeași metodă, la grîu și orez solul trebuie să conțină 12—10 mg K/100 g sol pentru obținerea producției maxime. Probele de sol analizat se recoltează în luna iulie, cînd are loc o stabilizare a proceselor microbiologice din sol.

La un sol cu 10% argilă și 10 mg K/100 g sol *(EUF)* sînt necesare 190 kg K/ha ca îngrășămînt spre a se realiza 15 mg K/100 g sol *(EUF)* (vezi tabelul 6.3). Dacă solul trebuie să atingă

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.3

Doze de potasiu aplicabile ca îngrășămînt pentru creșterea valorii K-EUF la 15 mg/100 g sol

Valori găsite la analiză *	Conținutul solului în argilă %			
	<10	10—20	20—30	30—40
1	600	1 200	1 600	3 000
2	560	1 050	1 300	1 800
3	480	900	1 100	1 400
4	420	800	900	1 100
5	370	700	800	900
6	330	600	700	800
7	270	450	550	650
8	240	300	400	500
9	210	250	300	350
10	190	200	250	300
11	150	150	150	200
12	120	120	120	150
13	90	90	90	90
14	60	60	60	60

* K-EUF, în mg K/100 g sol/35 minute

Tabelul 6.4

Dozele de fosfor aplicabile ca îngrășămînt pentru creșterea valorii P-EUF la 1,6 mg/100 g sol

Valori găsite la analiză *	Conținutul solului în argilă (%)			
	<10	10—20	20—30	30—40
0,2	200	300	350	500
0,4	150	180	200	350
0,6	70	85	100	200
0,8	65	80	80	120
1,0	40	45	45	65
1,2	30	30	30	40
1,4	30	30	30	30
1,6	—	—	—	—

* P-EUF, mg P/100 g sol/35 minute

doar 13 mg K/100 g sol *(EUF)* sînt necesare 100 kg K/ha ca îngrășămînt (190—90 = 100 kg K/ha). În mod similar se procedează la stabilirea dozelor de îngrășăminte cu P (Vezi tabelul 6.4). Dacă solul conține 1,0 mg P/100 g sol *(EUF)* și trebuie să se ajungă la 1,4 mg P/100 g sol *(EUF)*, sînt necesare 40 kg P/ha ca îngrășămînt.

Solul conține suficient Mg dacă după 35 minute se colectează peste 5 mg Mg/100 g sol (*EUF*). Dacă după 15 minute, la 400 V și 20°C, se colectează sub 10 mg Ca/100 g sol *(EUF)*, solul are rezerve scăzute de Ca, putînd apărea toxicitatea metalelor grele (ex. Mn la sol acid), dacă acesta există în procent ridicat în sol.

Folosirea izotopilor în cercetarea fertilității solurilor. Dozarea elementelor „ușor accesibile" prin metoda izotopilor, poate substitui metodele de extracție cu solvenți convenționali. Este cazul, în primul rînd, al dozării fosforului din sol.

Izotopii pot fi radioactivi sau stabili. Izotopul radioactiv se deosebește de cel stabil prin emisia unei radiații ce poate fi măsurată. Astfel, fosforul stabil, de masă A = 31 și cu numărul de protoni Z = 15, ${}^{31}_{15}P$, are următorii izotopi radioactivi: ${}^{29}_{15}P$; ${}^{30}_{15}P$; ${}^{32}_{15}P$; ${}^{34}_{15}P$. Pentru cercetări agrochimice se folosește radioizotopul ${}^{32}P$,

Scanned with OKEN Scanner

singur sau împreună cu izotopul stabil $^{31}_{15}P$. Reacția de dezintegrare a $^{32}_{15}P$ poate fi schematizată astfel:

$$^{32}_{15}P \longrightarrow {}^{32}_{16}S + \beta.$$

Particula β este un electron cu viteză mare, încărcat negativ. Dozarea ei se face prin metoda spectrometriei de masă sau pe alte căi. Ritmul dezintegrării este specific fiecărui tip de nucleu (element). Descreșterea numărului de nuclee radioactive în timp se exprimă prin „timpul de înjumătățire, $T_{1/2}$" (perioada în care activitatea unui izotop scade la jumătate). Acesta ($T_{1/2}$) are următoarele valori pentru cîteva elemente: 14,3 zile pentru ^{32}P; 164 zile pentru ^{45}Ca; 12,4 ore pentru ^{42}K; 250 zile pentru ^{65}Zn (emite radiații β^+) etc. Energia de radiație este, de asemenea, specifică elementului (vezi H e r a și colab., 1984). În scopuri agrochimice se folosesc elemente cu timp de înjumătățire suficient de lung pentru a se putea detecta radiațiile în timp util ciclului experimental.

Metoda diluției izotopice se sprijină pe ideea că izotopul radioactiv, introdus într-o suspensie de sol, suferă un schimb cu izotopul stabil din faza solidă ce se află în stare „labilă". Reacția poate fi ilustrată astfel:

$$^{31}P \text{ sol} + {}^{32}P \text{ soluție} \rightleftharpoons {}^{31}P \text{ soluție} + {}^{32}P \text{ sol},$$

în momentul atingerii echilibrului putîndu-se scrie:

$$^{32}P \text{ schimbabil}/{}^{32}P \text{ soluție} = {}^{31}P \text{ schimbabil}/{}^{31}P \text{ soluție}.$$

Atingerea echilibrului poate dura mai multe zile, practic se consideră că echilibrul se produce rapid, sfîrșitul fiind apreciat la 48 ore pentru a se obține P ușor accesibil. Factori ca temperatura, timpul de agitare, prezența unor anioni organici sau baze schimbabile etc. pot afecta viteza de atingere a momentului de echilibru și precizia rezultatelor.

La sfîrșitul perioadei de echilibru se efectuează două determinări în laborator: una privește cantitatea de ^{32}P din filtratul obținut, iar alta cantitatea totală de P extras și dozat prin metode colorimetrice uzuale.

Determinarea P ușor accesibil cu ajutorul diluției izotopice a fost efectuată prima dată de M c A u l i f f e (1947), care a propus ecuația de mai sus. Ecuația permite calculul ^{31}P accesibil funcție de ceilalți termeni cunoscuți. ^{31}P soluție reprezintă concentrația izotopului stabil din suspensia în echilibru, în care s-a adăugat izotopul radioactiv; ^{32}P soluție este radioactivitatea specifică a izotopului din suspensie (radioactivitate specifică = activitatea izotopică corespunzătoare unității de masă). Termenul ^{32}P schimbabil se obține prin diferența între cantitatea de ^{32}P adăugat în suspensia de sol și cantitatea găsită în momentul atingerii echilibrului. R u s s e l l și colab. (1954) au notat cu litera „E" fosforul schimbabil dozat în momentul atingerii echilibrului.

Metoda diluției izotopice se poate aplica și la dozarea K^+ sau a Ca^{2+} schimbabil, cu observația că în primul caz timpul de înjumătățire a radioizotopului este prea scurt.

O cale de dozare a P accesibil cu ajutorul izotopului ^{32}P a fost propusă de L a r s e n (1952). Se amestecă intim soluții de ^{32}P cu solul din vase de vegetație, se cultivă plante (de obicei raigras), iar în recolta obținută se dozează apoi activitatea specifică a ^{32}P și P total. În sol s-a produs schimbul de izotopi între ^{31}P adsorbit existent în sol și ^{32}P adăugat sub formă de soluție. Punerea în ecuație a datelor obținute a permis obținerea valorii „L", care exprimă fosforul labil:

$$L = \left(\frac{C_0}{C} - 1\right) X, \qquad (6.2)$$

în care:

C_0 reprezintă activitatea specifică a ^{32}P introdus în sol; C — activitatea specifică a ^{32}P din plantele recoltate și X — cantitatea de P adăugat în sol (purtător neradioactiv).

Valoarea „L" este considerată similară valorii „E", planta servind, de fapt, drept „pipetă" pentru extragerea P accesibil din sol, după atingerea echilibrului între ^{31}P schimbabil cu ^{32}P introdus în sol. Astfel, valoarea „L" definește cantitatea de P din sol și din soluția solului ce poate fi schimbată cu ionii de ortofosfat introduși în sol, planta servind drept mijloc de măsurare. Ea corespunde, de fapt, „factorului cantitate".

În fine, o a treia cale de aproximare a P din sol accesibil plantelor este cu ajutorul valorii „A" (F r i e d și D e a n, 1950). Autorii consideră că definiția „element nutritiv în forme accesibile" presupune că, dacă planta găsește în sol două surse din același element nutritiv, una fiind solul și alta îngrășămîntul aplicat în sol, cantitatea de element provenită din sol poate fi precizată în măsura posibilității cunoașterii cantității de element ce provine din îngrășămînt. A fost dezvoltată următoarea ecuație pentru calculul P accesibil din sol:

$$A = B(1 - y)\, y, \qquad (6.3)$$

în care:

A este cantitatea de element accesibil din sol; B — cantitatea de îngrășămînt aplicată în sol; y — procentul de element nutritiv din îngrășămînt.

Pentru determinarea valorii A, îngrășămîntul marcat (izotop) pare a fi singura cale pentru cunoașterea fracțiunii de element derivat din îngrășămînt, deși autorii susțin că acest lucru nu este indispensabil. Conceptul valorii A a fost utilizat pentru determinarea accesibilității P și a altor elemente nutritive (Zn, Ca, N, S). Pentru aflarea valorii A, îngrășămîntul se introduce localizat în sol, spre deosebire de metoda Larsen, unde îngrășămîntul se amestecă cu solul, singur sau cu purtător neradioactiv.

Se poate demonstra că, din punct de vedere matematic, formulele ce servesc la calculul valorilor „E", „L" și „A" sînt similare, deși valorile ce se obțin pentru fiecare din acestea sînt diferite (F r i e d 1964; D a v i d e s c u și colab., 1974 etc.)

Dozarea P accesibil cu ajutorul izotopilor este limitată pentru analize de serie din motive evidente: costul ridicat al radioizotopilor, timpul de înjumătățire uneori prea scurt, nevoia unui personal calificat, măsurile de protecție pentru evitarea accidentelor prin iradiere.

Folosirea izotopului stabil ^{15}N în cercetări agrochimice. Se cunosc șase izotopi ai azotului. În natură se întîlnește numai un amestec al izotopilor stabili de masă ^{14}N (99,634%) și ^{15}N (0,366%). Dacă în sol se introduce un îngrășămînt ce conține ^{15}N (exemplu, $K^{15}NO_3$), planta va consuma din azotul astfel aplicat, schimbînd raportul celor doi izotopi în organismul său. Excesul de ^{15}N găsit în plantă provine din substanța aplicată solului ca îngrășămînt, putînd servi la stabilirea coeficientului de valorificare a azotului aplicat solului. Pe această cale se urmăresc și alte procese: fixarea simbiotică sau nesimbiotică a azotului în sol, pierderile de azot prin levigare sau denitrificare, deplasarea azotului în plantă și încorporarea lui în diverse organe etc. Cercetările se efectuează în vase de vegetație sau în parcele în cîmp. Ca și în cazul fosforului, metoda corespunde „diluției izotopice". Dozarea ^{15}N din materialul de analizat se face cu ajutorul spectrometrului de masă sau prin metode optice care sînt foarte precise, dar costisitoare.

Desorbția pe rășini schimbătoare de anioni. A fost utilizată pentru stabilirea conținutului de fosfați ușor accesibili din sol. Rășina schimbătoare de anioni, introdusă într-o suspensie apoasă de sol simulează acțiunea rădăcinii plantelor în ceea ce privește absorbția $H_2PO_4^-$. Desorbția anionilor de ortofosfat din faza solidă

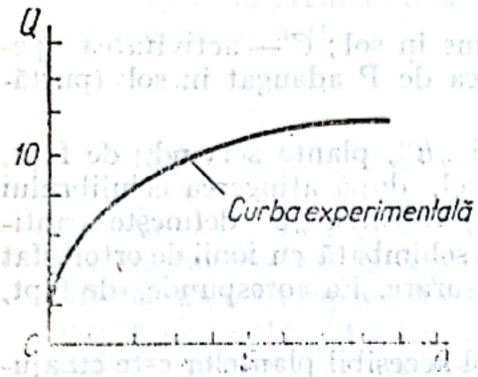


Fig. 6.3. Cinetica desorbției anionilor de ortofosfat (Q) în funcție de timp (T).

în cea lichidă și apoi „absorbția" pe rășină, continuă pînă se atinge un moment de echilibru:

P sol $\rightleftharpoons$ P soluție $\rightleftharpoons$ P rădăcină (rășină).

Experimental s-a demonstrat că echilibrul poate dura pînă la 21 zile, însă, în mod practic, sfîrșitul acestuia este atins în timp de maximum 48 ore (fig. 6.3). Se folosește rășină Dowex 2 × 4, particule cu diametrul peste 400 μ. Condiționată cu F^- adsorbit, rășina se introduce în suspensia apoasă de sol, apoi aceasta se separă de sol prin spălare pe o sită cu ochiuri de 200 μ, urmează eluarea P adsorbit prin tratarea rășinii cu H_2SO_4 0,36 *n* și dozarea P pe cale colorimetrică (R o c h e și colab., 1980). Cînd conținutul solului în P adsorbit pe rășini schimbătoare de ioni scade sub anumite „niveluri critice" este indispensabilă intervenția cu îngrășăminte conținînd P spre a se putea obține o producție echivalentă cu 60% din cea maximă posibilă. Pentru soluri subtropicale, aceste niveluri critice sînt de 10—17 ppm P, în funcție de tipul de sol (acrisoluri, gleisoluri, vertisoluri, cambisoluri, luvisoluri, regosoluri etc.)

6.2. ANALIZA CHIMICĂ A PLANTEI, MIJLOC DE CONTROL AL STĂRII DE NUTRIȚIE

Analiza chimică a unor părți sau organe de plantă constituie o altă cale de cercetare a fertilității solului. L a g a t u și M a u m e (1928; 1930), L u n d e g a r d h (1938; 1943; 1945), apoi alți oameni de știință au propus diverse metode de investigație în acest sens. În funcție de modul de efectuare și interpretare a analizelor, de organele sau țesuturile analizate, de momentul efectuării determinărilor, analiza plantei poate avea mai multe scopuri:

a) Determinarea consumului de substanțe nutritive necesare formării recoltei scontate se face prin analiza plantei în faza de vegetație în care s-a atins consumul maxim, de exemplu faza maturității în lapte la cereale. Consumul pentru formarea „recoltei biologice" se stabilește analizînd toate părțile componente: produsul principal (semințe, tuberculi, rădăcini de sfeclă, fîn etc.); produsul secundar (paie, coceni, lujeri etc.); sistemul radicular, diverse părți de plantă fără semnificație economică (ceardele viței de vie, ramurile de pom etc.). Datele obținute sînt utile în scopul stabilirii dozelor de îngrășăminte.

b) Diagnoza foliară ca mijloc de cunoaștere a stării de aprovizionare a plantei cu un anumit element nutritiv se bazează pe analiza conținutului total de N, P, K și alte elemente din frunze, într-o anumită fază de vegetație, între acest conținut, pe de o parte, și formele accesibile din sol, pe de alta, existînd o strînsă interdependență ce se reflectă în nivelul și calitatea recoltei formate. Procedeul nu este utilizabil pentru elemente puțin mobile în plantă, cum sînt Ca și Fe.

Conținutul frunzei într-un anumit element depinde nu numai de forma accesibilă din sol, ci și de alți factori de vegetație. Condițiile climatice (uscăciunea sau umiditatea excesivă, temperaturi prea scăzute, slaba aerisire a solului, o aprovizionare necorespunzătoare cu alte elemente etc.) pot influența negativ absorbția și, prin urmare, conținutul frunzei într-un anumit element. Diagnoza foliară permite o corectă interpretare dacă factorii de vegetație (apa, lumina, temperatura etc.) sînt în cantități optime. Efectul de antagonism și sinergism poate influența conținutul frunzelor într-un anumit element; de aceea, în interpretările ce se fac

Scanned with OKEN Scanner

se ține seama nu numai de conținutul frunzei în acel element, ci și de raporturile cantitative ce se stabilesc între diversele elemente acumulate la un moment dat în frunze (Bergmann și Neubert, 1976; Davidescu D. și Davidescu V., 1977).

Pentru a fi posibilă interpretarea datelor analitice, este nevoie de o standardizare a procedeelor de lucru. Aceasta înseamnă alegerea fazei de vegetație sau a momentului recoltării frunzelor sau probelor de plantă, a poziției frunzelor pe plantă sau pe lăstar, dacă se analizează frunzele întregi sau fără pețioli, în fine, se cere precizarea „nivelurilor critice" corespunzătoare fiecărui element, valabile pentru arealul de soluri în care se află cultura la care ne referim.

Se folosesc frunze ajunse la maturitate, care și-au terminat creșterea, active din punct de vedere fiziologic. La pomi se recoltează frunze de pe treimea mijlocie a lăstarilor anuali; la vița de vie se folosesc frunze mature situate pe lăstarul dat din cep sau frunze opuse ciorchinilor, recoltarea făcîndu-se după înflorire (Ryser, 1982); la porumb se folosește frunza opusă știuletelui, iar la cereale păioase se recoltează partea aeriană a plantei, în faza înfrățitului. Frunzele se spală imediat după recoltare, cu apă distilată acidulată cu acid citric 0,2% pentru îndepărtarea urmelor rămase de la stropirile anticriptogamice, a pulberilor sau a îngrășămintelor foliare. După aceea se clătesc cu apă distilată, se zvîntă, se usucă la etuvă la 60°C și apoi la 100—105°C, se macină și se supun analizelor chimice. Diagnoza foliară se practică pentru specii pomicole și vița de vie care, dezvoltîndu-se timp de mai mulți ani în același loc, pot beneficia de îngrășămintele aplicate pe baza concluziilor desprinse din diagnoza foliară.

Interpretarea datelor privind diagnoza foliară se bazează pe criteriul „nivelului critic" (vezi fig. 2.10). Cînd procentul de element nutritiv din frunze scade sub nivelul critic, înseamnă o insuficientă aprovizionare a plantelor cu acel element și nevoia aplicării de îngrășăminte. Nivelul critic poate fi exprimat printr-o cifră „standardizată" pentru arealul (podgorie, bazin pomicol) culturii considerate (tabelul 6.5). La interpretarea datelor se poate utiliza și intervalul ce exprimă „limitele domeniului optim" de aprovizionare a plantelor cu acel element(tabelul 6.6). La măr s-a remarcat scăderea calității fructelor cînd frunzele conțin, în primele două săptămîni ale lunii iulie, peste 2,1% N în substanța uscată, calitatea acestora a crescut la nivelul optim de 1,7% K. Conținutul de fosfor din frunze nu s-a corelat cu calitatea recoltei, în schimb nevoia aplicării îngrășămintelor a fost evidentă la un conținut sub 0,2% P în frunze (Heeny și Hill, 1961).

Valorile standard ce servesc la interpretarea datelor privind analiza foliară se stabilesc pe cale experimentală, corelîndu-se cu nivelul recoltelor.

Tabelul 6.5

Valori standard pentru diagnoza foliară la cîteva specii de pomi (după Kenworthy, 1961)

Elementul	Măr	Piersic	Cireș
N%	2,33	3,83	2,95
P%	0,23	0,26	0,25
K%	1,53	1,68	1,67
Ca%	1,40	2,12	2,09
Mg%	1,41	0,67	0,68
Mn ppm	98	151	150
Fe ppm	220	166	203
Cu ppm	23	18	57
B ppm	42	48	50

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.6

Limitele domeniului optim privind conținutul de N, P, K, Ca și Mg din frunze la vița de vie, utilizabile în cazul diagnozei foliare

Elementul (%)	Limite	Sumă și rapoarte *	Limite	Sumă și rapoarte	Limite
N	2,12—2,46	N+P+K	3,92— 4,54	K+Ca+Mg	4,23— 4,91
P	0,17—0,19	N(%)	50,08—58,20	K(%)	35,63—41,39
K	1,63—1,89	P(%)	3,94— 4,56	Ca(%)	52,03—60,45
Ca	2,38—2,76	Ca(%)	38,49—44,73	Mg(%)	4,86— 5,64
Mg	0,22—0,26	—	—	—	—

* $N\% = N \cdot 100/N+P+K$; $P\% = P \cdot 100/N+P+K$ etc.

La sfecla de zahăr, Ulrich și colab. (1961; 1973) au remarcat o nutriție normală și producția maximă cînd pețiolul frunzelor de curînd maturate conține peste 0,1% N sub formă de NO_3^-, calculat față de substanța uscată, și mai mult de 750 ppm P.

La grîul de toamnă sînt necesare îngrășăminte cu N, cu P sau K, aplicabile în timpul vegetației, dacă frunzele plantelor aflate în faza începerii întinderii paiului conțin sub 4,3% N, 0,9% P_2O_5 și 4,8% K_2O, iar raportul N: P_2O_5 este sub 6,8 (îngrășăminte cu N), respectiv raportul K_2O: N fiind sub 1,2 (îngrășăminte cu K, Terling, 1970).

Rapoartele N: P_2O_5; K_2O: N etc. evidențiază fenomene de antagonism sau sinergism. Rezultate similare se obțin exprimînd în procente proporția fiecărui macroelement în funcție de suma lor (N + P + K; K + Ca + Mg). Astfel, N(%) = N · 100/(N + P + K); sau Ca(%) = K · 100/(K + Ca + Mg). O asemenea exprimare permite interpretarea cu ajutorul reprezentării grafice sub formă de triunghi (fig. 6.4). Folosind limitele domeniului optim privind diagnoza foliară la vița de vie (vezi tabelul 6.6) se înscrie pe grafic suprafața de referință cuprinsă între 50,08—58, 20 N(%) și 3,94—4,56 P(%). Dacă în cazul probei analizate se obține N(%) = = 65,4 și P(%) = 5,1, punctul *A* înscris pe grafic demonstrează un exces de N în sol și o insuficiență de K. Existența insuficienței de K se poate verifica prin întocmirea unui triunghi similar, folosind limitele de interpretare pentru K(%), Ca(%), Mg(%), în triunghi înscriindu-se valoarea procentuală găsită pentru K, funcție de suma K + Ca + Mg.

Rapoartele K/Ca, K/Mg sau K/(Ca + Mg) scot în evidență antagonismele dintre K și celelalte două elemente. În viticultură și pomicultură s-a propus (Levy, 1971) folosirea raportului K/Mg în scopul recunoașterii probabilității apariției carenței de K și Mg (tabelul 6.7).

Diagnoza foliară se poate sprijini și pe analiza anumitor activități enzimatice. Presupunînd că solul conține suficiente microelemente (Mo, Cu etc.) în forme accesibile, activitatea nitratreductazei poate fi mai intensă sau mai scăzută, funcție de aprovizionarea plantei cu N ca NO_3^-. Cînd planta este bine aprovizionată cu NO_3^-, activitatea nitratreductazei este mai ridicată decît în cazul unei aprovizionări nesatisfăcătoare. Aplicînd îngrășăminte cu N la anumite plante și măsurînd activitatea nitratreductazei, se poate preciza dacă plantele au nevoie suplimentară de acest element. Raportul „activitatea nitratreductazei induse"/ „activitatea nitratreductazei inițiale" = 1,5 demonstrează o aprovizionare corespunzătoare a plantelor cu azot; cînd raportul este mai mare, aprovizionarea cu NO_3^- este necorespunzătoare, fiind nevoie de îngrășăminte (Bar-Akiva și colab., citați de Mengel și Kirkby, 1978). Asemenea procedee de investigație nu pot, deocamdată, intra în analize de serie.

În mod similar, activitatea ribonucleazei a fost propusă ca test privind determinarea insuficienței de zinc în nutriția plantelor. Cînd există insuficiență de zinc,

Scanned with OKEN Scanner

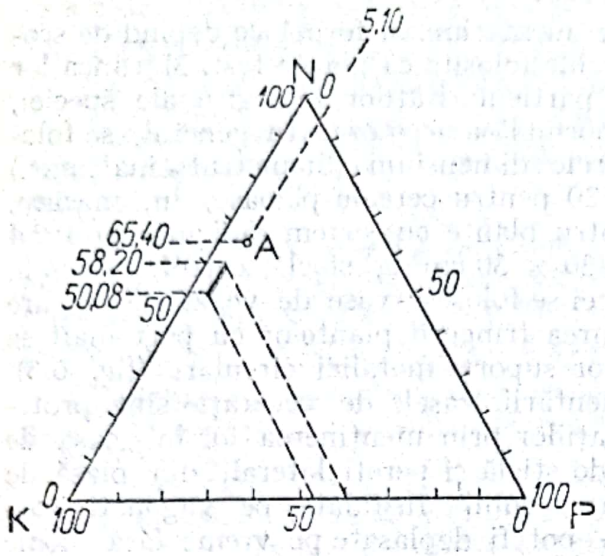


Fig. 6.4. Reprezentarea grafică a proporției elementelor N, P, K din frunze, în funcție de suma lor egală cu 100%.

Tabelul 6.7

Probabilitatea apariției carenței de K și Mg la pomi și viță de vie, în funcție de raportul celor două elemente în frunze

Raportul K/Mg	Probabilitatea carenței
< 1,5	Carență de potasiu
1,5 — 2,0	Insuficiență de potasiu
2,0 — 10,0	Nutriție echilibrată cu potasiu și magneziu
10,0 — 20,0	Insuficiență de magneziu
> 20	Carență de magneziu

crește activitatea ribonucleazei datorită descompunerii ARN-u lui. La un conținut optim de zinc, activitatea ribonucleazei este scăzută, sporind astfel sinteza ARN și a proteinei (K e s s l e r, 1961).

c) Testul țesuturilor verzi prin metode rapide se bazează pe intensitatea colorației pe care o capătă sucul celular al pețiolului frunzelor sau lăstarilor tineri, cînd pe tăietura acestora sau pe picăturile de suc scurs în alveolele de pe o plăcuță albă de faianță sau de material plastic, se adaugă un reactiv specific elementului de dozat. Astfel, pe secțiunea pețiolului sau lăstarului se adaugă o picătură de difenilamină care, în prezența ionilor NO_3^- din sucul celular, dă o colorație albastră de intensitate proporțională cu conținutul de NO_3^-, putînd fi comparată cu o scală etalon de interpretare. Asemenea procedee pot fi utilizate și pentru punerea în evidență a ionilor minerali de fosfat sau potasiu d n sucul celular. Metodele nu sînt costisitoare, putînd fi utilizate la testarea stării de nutriție, atît în plantațiile de pomi și viță de vie, și mai ales la culturi anuale (porumb, cartof, tomate eutc.)

6.3. CONTROLUL FERTILITĂȚII SOLURILOR PRIN EXPERIENȚE CU ÎNGRĂȘĂMINTE

Experiențele cu îngrășăminte în scopul testării stării de aprovizionare a solului cu anumite elemente se efectuează în condiții de cîmp sau în vase de vegetație. Ambele căi au largă utilizare în cercetările agrochimice pentru studiul nutriției plantelor, însușirilor solului, transformărilor suferite de îngrășăminte după aplicarea în sol, stabilirea dozelor maxime ce pot fi aplicate pentru nutriția echilibrată a plantelor. Cercetarea unor aspecte teoretice de nutriție minerală, cu implicații directe în sfera producției, se poate face și prin alte procedee: metoda soluțiilor curgătoare, metoda culturilor în soluții nutritive, metoda culturilor în mediu steril.

Experiențe în vase de vegetație. Sînt utilizate în probleme de cercetarea nutriției plantelor și fertilității solului. Se cultivă un anumit număr de plante, dintr-o anumită specie, pe solul (sau pe un amestec de sol și nisip de cuarț) introdus în vase de vegetație confecționate din tablă emailată, din sticlă sau din polietilenă și se urmărește nivelul recoltei, absorbția substanțelor nutritive și, eventual, remanențele în sol.

Scanned with OKEN Scanner

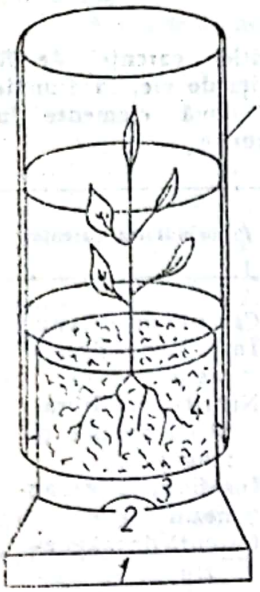


Fig. 6.5. Vas de vegetație tip Mitscherlich:

1 — farfurie pentru colectarea scurgerilor; *2* — orificiu de scurgere; *3* — capac pentru acoperirea orificiului; *4* — solul din vas; *5* — suport metalic.

Vasele de vegetație au mărime și formă ce depind de scopul cercetării și de speciile folosite ca plante test. Mărimea lor trebuie să corespundă particularităților biologice ale speciei, asigurînd o dezvoltare normală a acestora. În general, se folosesc vase cu următoarele dimensiuni (diametrul × înălțimea) 15 × 20 cm sau 20 × 20 pentru cereale păioase, in, mazăre, fasole; 15 × 30 cm pentru plante cu sistem radicular profund (lucernă); 25 × 30 sau 30 × 30 cm la sfeclă, cartof, porumb, floarea-soarelui. De obicei se folosesc vase de vegetație în care încap 5—8 kg sol. Evitarea frîngerii plantelor cu port înalt se face prin instalarea unor suporți metalici circulari (fig. 6.5).

Pe timpul experimentării, vasele de vegetație sînt protejate împotriva precipitațiilor prin menținerea lor în „casa de vegetație" cu acoperiș de sticlă și pereți laterali din plasă de sîrmă pentru circulația aerului. Instalate pe vagoneți speciali, vasele de vegetație pot fi deplasate pe vreme fără ploaie în exteriorul spațiului acoperit, protejat lateral și deasupra cu plase de sîrmă, pentru evitarea stricăciunilor provocate de păsări.

Solul introdus în vasele de vegetație trebuie să fie tipic scopului urmărit, neimpurificat cu îngrășăminte, erbicide etc., fără a fi uscat complet, cernut prin sita cu ochiuri de 3 mm. Potrivit procedeului Mitscherlich, solul se amestecă cu nisip de cuarț în proporție de 2:1. Nisipul se spală în prealabil cu HCl 0,1 *n* pentru îndepărtarea eventualilor compuși ce conțin elemente nutritive, apoi se îndepărtează HCl prin spălare cu apă distilată și se usucă. Caracteristicile chimice și fizice ale solului trebuie să fie bine precizate prin analize prealabile în laborator. Se folosește sol din stratul arat, în fiecare vas de vegetație introducîndu-se exact aceeași cantitate. Vasele de vegetație se tarează înainte de introducerea solului în ele, spre a se cunoaște cantitatea de apă ce trebuie să se adauge în timpul creșterii plantelor pentru umectarea solului la 60—80% din capacitatea de cîmp pentru apă a solului. Cîntărirea și adaosul apei deionizate (sau distilate) se poate face cu instalații automate, cu ajutorul cărora se mărește viteza de lucru.

Îngrășămintele sub formă de pulbere sau granule se amestecă intim cu solul, în cantitățile stabilite prin tematica experienței, înainte de introducerea acestuia în vasele de vegetație. Cele solubile se pot aplica sub formă de soluții (concentrație 1—2%). La culturi sensibile la concentrații ridicate de săruri în soluția solului, îngrășămintele cu azot se aplică fracționat cînd doza este prea mare, cele cu fosfor (și K) aplicîndu-se integral în momentul umplerii vasului. În funcție de tipul de sol și de plantele cultivate, de felul îngrășămîntului etc., se recomandă doze între următoarele limite, pentru fiecare kg sol uscat: 0,05—0,20 g N; 0,05—1,20 g P_2O_5 și 0,05—0,2 g K_2O. Se folosesc, de obicei, săruri chimic pure.

Soiul utilizat trebuie să fie perfect curat din punct de vedere genetic, cu mare putere de germinare. Semințele se dezinfectează, în prealabil, prin scufundare în soluție de formalină 1%, se spală cu apă, apoi se așază la germinat pe o hîrtie de filtru în vase Petri (la 20—25°C) și se însămînțează imediat ce a început germinarea. La fiecare vas de vegetație se prevăd 20—25 plante la cereale păioase, 10 plante la mazăre și fasole, 6—12 plante la trifoi, 30—40 plante la in. La culturi prășitoare se folosește o singură plantă în vasul de vegetație. Semințele de ierburi (*Lolium* etc.) se însămînțează uscate, negerminate, 0,5—1 g/vasul de vegetație. Adîncimea de îngropare a semințelor este cuprinsă între 0,5—6 cm, funcție de specie. La suprafața solului în vas se așază o cantitate de 200—300 g nisip de cuarț pentru frînarea evaporării, evitarea formării crustei și a denivelării solului în timpul udărilor. Din

Scanned with OKEN Scanner

cele expuse rezultă că toți factorii de vegetație sînt menținuți la același nivel, cu excepția celui studiat, de exemplu doza crescîndă de îngrășămînt.

Se folosesc 3—4 repetiții la cereale și 6—8 repetiții la porumb, sfeclă, cartof.

Plantele se recoltează la maturitate, în funcție de specie, cîntărindu-se produsul principal și cel secundar. Se reține probe de plante și de sol pentru analize chimice.

Experiențe în condiții de cîmp. Asemenea experiențe oferă indicațiile cele mai prețioase asupra fertilității solului, a efectului pe care-l au îngrășămintele asupra nivelului și calității recoltei. Cele din casa de vegetație permit controlul factorilor de vegetație, însă nu corespund integral condițiilor naturale.

În funcție de scopul urmărit, experiențele cu îngrășăminte pot fi: staționare, de scurtă durată (2—3 ani) și în condiții de producție.

Unele experiențe se pot efectua după aceeași schemă în mai multe puncte geografice ale țării sau în mai multe țări, pe diverse tipuri de sol și în diverse condiții climatice. În oricare dintre experiențe trebuie să se respecte principiul variației unui singur factor de vegetație (ex. doza de îngrășămînt, diverse îngrășăminte conținînd același element nutritiv esențial etc.), astfel încît să existe posibilitatea comparațiilor. Experiența se efectuează în condiții reprezentative pentru zona în care urmează să se aplice rezultatele experimentale, sub aspectul factorilor de climă și sol. Ea trebuie să se caracterizeze prin precizie, ceea ce înseamnă erori cît mai mici sau neînsemnate în timpul efectuării lucrărilor. Cu cît parcela experimentală are o suprafață mai mică, erorile experimentale capătă dimensiuni mai mari cînd se extrapolează rezultatele la hectar.

Mărimea parcelei experimentale variază între 20—100 m², funcție de cultură. Se folosesc 3—6 repetiții.

Schema experimentală depinde de scopul cercetării: experiențe cu sortimente de îngrășăminte, cu doze, moment de aplicare sau metoda de încorporare în sol, diverse raporturi între elementele nutritive utilizate ca îngrășămînt etc.

Experiențele cu îngrășăminte simple conținînd N, P sau K, efectuate pentru a stabili elementul aflat în cantități nesatisfăcătoare în sol, spre a fi adăugat ca îngrășămînt, pot avea scheme mai sim ple sau mai complete. Astfel poate fi o schemă cu 4 variante: 1. **martor,** fără îngrășăminte; 2. **N**; 3. **P**; 4. **K,** fiecare îngrășămînt fiind aplicat în doze corespunzătoare consumului specific al plantei cultivate. Poate fi, pe de altă parte, o schemă mai completă, cu 8 variante: 1. **martor, nefertilizat;** 2. **N;** 3. **P;** 4. **K;** 5. **NP;** 6. **NK;** 7. **PK;** 8. **NPK,** schema reprezentînd toate posibilitățile de combinații între cele 3 feluri de îngrășăminte (cu N, cu P și cu K), oferind toate posibilitățile de comparație. Dacă solul este acid sau foarte acid, efectul celor 8 tratamente cu îngrășăminte poate fi studiat în alternativa aplicării calcarului ca amendament pentru neutralizarea acidității schimbabile, cît și în aceea în care amendamentul nu s-a aplicat. Amendamentul este, în acest caz, al 4-lea factor ce se include în experimentare.

Schema de mai sus, cu 8 variante, în care se studiază efectul a 3 elemente aplicate ca îngrășămînt, poate fi scurtată și în același timp dezvoltată prin variația unuia dintre elemente, de exemplu azotul: 1. **martor nefertilizat;** 2. **N_1;** 3. **PK;** 4. **PKN_1;** 5. **PKN_2;** 6. **PKN_3** (N_1—N_3 reprezentînd doze de îngrășăminte). Sau: 1. **martor nefertilizat;** 2. **NP;** 3. **NK;** 4. **PK;** 5. **NPK.** O schemă în care să

Scanned with OKEN Scanner

lipsească varianta nefertilizată este dezavantajoasă pentru înțelegerea completă a efectului fiecărui element aplicat ca îngrășămînt. Experiențele cu un număr mai mic de 8 variante presupun cunoașterea factorului (elementului) limitant al producției, prin slaba aprovizionare a solului.

Experiențele cu forme chimice de îngrășăminte se referă la compararea efectului pe care-l are același element nutritiv, de exemplu azotul, aplicat în mai multe forme chimice (ex. azotat de amoniu, uree, sulfat de amoniu etc.). Asemenea experiențe cer o mare precizie, o perfectă uniformizare a parcelelor experimentale sub aspectul fertilității, un agrofond (este vorba de doza constantă în care se aplică celelalte elemente) satisfăcătoare manifestării efectului îngrășămintelor studiate.

Asemenea cercetări sînt necesare în vederea omologării noilor sortimente de îngrășăminte ce se propun pentru fabricare și utilizare în agricultură. Dacă este vorba de îngrășăminte complexe ce conțin NPK, poate fi adoptată o schemă simplă de felul următor: 1. **martor nefertilizat;** 2. **îngrășămînt complex NPK,** în care doza (kg/ha) din elementul ce se află în concentrația cea mai ridicată în îngrășămînt corespunde cerinței speciei cultivate; 3. NPK reprezentat printr-un amestec de îngrășăminte simple (NH_4NO_3, superfosfat concentrat, sare potasică), fiecare dintre ele aplicate într-o doză corespunzătoare cantității de element activ aplicat cu îngrășămîntul complex pe o parcelă repetiție. Efectul îngrășămîntului complex poate fi comparat, pe de o parte cu varianta nefertilizată, pe de alta cu efectul amestecului de îngrășăminte simple în aceeași doză de substanță activă.

Experiențele cu doze de îngrășăminte urmăresc să precizeze cantitatea (kg/ha) la care se obține producția cea mai ridicată, precum și aceea la care rezultă recolta optimă din punct de vedere economic. În acest context este important să se stabilească intervale între dozele de îngrășămînt care să permită obținerea efectelor optim și a celui maxim, ultima (sau ultimele doze) putînd să nu contribuie în plus la creșterea randamentului pentru a demonstra limita de la care, mărind doza de îngrășămînt, aceasta începe să exercite efect toxic sau este neeconomică. O asemenea schemă, în cazul îngrășămintelor simple cu azot, ar putea fi: N_0; N_{50}; N_{100}; N_{150}; N_{200} în care N_0—N_{200} reprezintă doza de îngrășămînt cuprinsă între 0 — 200 kg N/ha. Nivelul optim al dozei de îngrășămînt cu azot depinde și de alți factori, care devin la un moment dat limitativi în ce privește manifestarea efectului îngrășămîntului cu azot. De aceea, variantele de mai sus pot fi amplasate pe un fond de îngrășămînt cu fosfor variind de la parcele ce nu au primit superfosfat (P_0), pînă la altele ce au primit P_{40}, P_{80}, P_{120} etc. În prezența P, nivelurile optime din punct de vedere economic sau cele maxime de N, cît și producțiile corespunzătoare, vor fi altele decît în absența îngrășămîntului cu P (fig. 6.6). Aceleași implicații pot avea alte elemente necesare nutriției plantelor. În fine, doza optimă din punct de vedere economic și cea care oferă producția maximă, depind și de factorul apă, adică, dacă se aplică sau nu irigația.

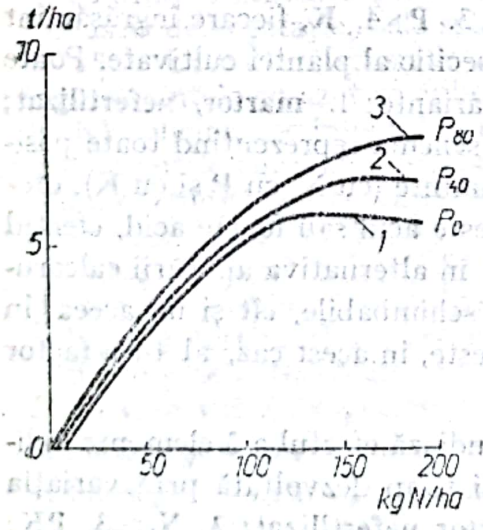


Fig. 6.6. Nivelul maxim al sporului de recoltă (punctele 1, 2 și 3) în funcție de dozele de N și P aplicate solului.

Experiențele complexe sau polifactoriale urmăresc efectul dozelor de NPK în condițiile în care se suprapun implicațiile altor factori de vegetație, cum ar fi norma de irigare sau de udare, specia și soiul sau hibridul la care se aplică îngrășămîntul,

Scanned with OKEN Scanner

efectul culturii premergătoare în asolament, efectul direct sau remanent al îngrășămintelor organice aplicate premergătoarei sau la antepremergătoare etc. Printr-un asemenea procedeu de cercetare se descifrează interdependența și intercondiționarea factorilor de vegetație, doza optimă studiată fiind comparată, în ceea ce privește efectul său asupra producției, pe de o parte cu varianta nefertilizată, pe de alta cu aceea la care s-a aplicat o cantitate constantă din alte îngrășăminte decît cele conținînd elementul aplicat în doză crescîndă.

Schema unei experiențe polifactoriale se poate obține din combinarea tuturor factorilor, adică a tuturor dozelor de la fiecare element nutritiv experimentabil ca îngrășămînt. Pentru experiențe cu N, P și K, aplicabile în două doze (ex. N_0 și N_1), numărul combinațiilor (variantelor) posibile va fi: $2 \times 2 \times 2 = 8$. Dacă la fiecare îngrășămînt se vor folosi 3 doze, totalul variantelor posibile va fi: $3 \times 3 \times 3 = 27$; la folosirea a 4 doze, vor fi: $4 \times 4 \times 4 = 64$ variante; la 5 doze vor fi: $5 \times 5 \times 5 = 125$ variante etc. O asemenea multitudine de variante este greu de experimentat, de aceea, practic, se recurge la un număr restrîns.

Curba producției. S-a arătat cu alt prilej că dacă unul din elementele necesare nutriției plantelor se află în cantitate nesatisfăcătoare în sol, acesta devine un factor limitant al producției. Pe această constatare, L i e b i g și urmașii săi au enunțat așa-numita „lege a minimului". Cunoașterea elementului „minim" are semnificație practică. M i t s c h e r l i c h (1906) a remarcat că dacă se aplică solului doze crescînde de îngrășăminte pentru completarea elementului aflat în concentrație insuficientă, se obțin sporuri de recoltă care nu sînt proporționale cu doza de îngrășămînt, ci din ce în ce mai mici (fig. 6.7). Cel mai mare spor de recoltă se obține la prima doză de îngrășămînt, la celelalte acesta fiind din ce în ce mai mic, iar la un moment dat, după ce se atinge nivelul maxim al sporului general de recoltă (A), curba producției capătă alură descendentă. M i t s c h e r l i c h a studiat dependența sporului de recoltă de factorul de creștere adăugat solului pe baza a numeroase experiențe efectuate în cîmp și în vase de vegetație, exprimînd aceasta printr-o ecuație cunoscută sub numele de *„legea acțiunii factorilor de vegetație"*:

$$dy/dx = k(A - y), \qquad (6.4)$$

în care:

y este sporul de recoltă obținut sub acțiunea factorului de vegetație x, dy, este sporul infim de producție sub acțiunea factorului de creștere modificat în măsură neînsemnată (dy), raportul dy/dx, fiind proporțional cu recolta maximă (A) iar k este o constantă de proporționalitate.

Prin integrare, formula (6.4) devine:

$$\lg(A - y) = \lg A - cx, \qquad (6.5)$$

termenul c fiind proporțional cu k și rezultînd din conversia logaritmilor naturali în logaritmi zecimali: $c = k \cdot 0{,}434$. Coeficientului de proporționalitate i s-a atribuit, inițial, o valoare constantă pentru același element (ex. 0,122 pentru N; 0,60 pentru P_2O_5; 0,40 pentru K_2O). Ulterior, diverși oameni de știință (G h. I o n e s c u — Ș i ș e ș t i, 1934; A t a n a s i u, 1954; B o g u s l a w s k i, 1958 etc.) au demonstrat că, într-adevăr, valoarea coeficientului „c" este cu atît mai ridicată cu cît panta

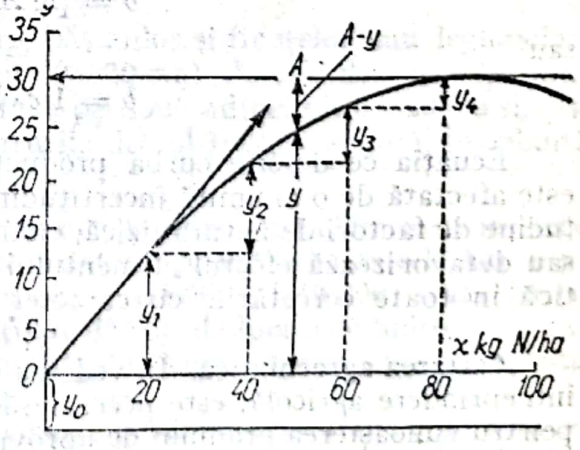


Fig. 6.7. Curba producției în funcție de dozele crescînde de îngrășămînt:

Y_0 — producția formată sub acțiunea elementelor nutritive existente în sol; Y_1—Y —sporuri de producție datorate a 20 ... 80 kg N/ha; A — recolta maximă posibilă.

Scanned with OKEN Scanner

curbei este mai mare (ex. la doze crescinde de P, panta curbei producției este mai mare decît la doze crescînde de N, adică se atinge mai repede valoarea A maximă). Valoarea coeficientului variază, pentru același element, funcție de condițiile de sol, planta cultivată, densitatea culturii etc.

Ecuația (6.5), ca și altele dezvoltate ulterior (W. J. S p i l l m a n) derivă, de fapt, din ecuația generală ce exprimă legea probabilităților:

$$y = A(1 - 10^{-cx}) \tag{6.6}$$

în care notațiile au aceeași semnificație ca în relația (6.5), „c" depinzînd de natura factorului de creștere.

Dacă recolta maximă posibilă se exprimă în procente ($A = 100\%$), iar factorul de creștere ce produce 50% din recolta maximă se consideră egal cu unitatea (unități B a u l e, după numele matematicianului colaborator al lui M i t s c h e r l i c h) se poate demonstra, cu ajutorul ecuației (6.5), că la $x = 2$, producția $y = 75\%$ (sporul de recoltă fiind doar 25% peste cel dat de $x = 1$), iar la $x = 10$, producția $y = 99{,}9\%$ din A, sporul de recoltă față de $x = 9$ fiind doar de 0,098%.

Curba producției se modifică dacă se suprapune alt factor (element nutritiv) care limitează producția. În figura 6.6, punctele 1, 2, 3 *(A)* de pe curbele producției, funcție de doza de N, se modifică și sub acțiunea dozelor de îngrășăminte cu P aplicate solului. Curba producției rămîne neschimbată, dacă toți factorii de vegetație (lumină, temperatură, apă, elemente nutritive, afară de cel studiat) sînt în cantități optime.

Dacă nu unul, ci două sau mai multe elemente nutritive din sol sînt în cantități suboptime, curba producției poate fi exprimată prin ecuația:

$$y = A(1 - 10^{-c_1x_1})\,(1 - 10^{-c_2x_2})\,(1 - 10^{-c_nx_n}) \tag{6.7}$$

în care:

x_1, x_2, x_n reprezintă (cantitativ) factorii de creștere ce trebuie aplicați solului, iar c_1, c_2 și c_n sînt coeficienți de proporționalitate ce se stabilesc experimental.

Ecuațiile (6.5), (6.6) și (6.7) se pretează la calculul dozelor de îngrășăminte pentru obținerea unei producții y, dacă coeficienții c_1, c_2, c_n de proporționalitate sînt corect stabiliți pe cale experimentală. De asemenea, se poate deduce cantitatea de element nutritiv din sol *(b)* accesibil plantelor, scriind ecuația 6.5 sub forma:

$$\lg(A - y) = \lg A - c(b + x) \tag{6.8}$$

Considerînd $x = 0$ și producția obținută fără îngrășămînt $= y_0$, rezultă:

$$b = [\lg A - \lg(A - y_0)]/c, \tag{6.9}$$

sau

$$b = 1/c \cdot \lg[A/(A - y_0)]. \tag{6.10}$$

Ecuația ce descrie curba producției funcție de un singur factor de creștere este afectată de o anumită incertitudine, deoarece în realitate se suprapun o multitudine de factori de natură fizică, chimică, biologică, climatică etc., care favorizează sau defavorizează efectul elementului studiat. Ea constituie, totuși, o bază teoretică în toate cercetările cu caracter aplicativ.

Cartarea agrochimică. În vederea utilizării diferențiate a îngrășămintelor într-o întreprindere agricolă, este necesar să se efectueze lucrări de cartare agrochimică pentru cunoașterea gradului de aprovizionare a solurilor cu elemente în forme ușor accesibile plantelor și stabilirea însușirilor ce trebuie corectate prin amendamente. Operațiunea de cartare agrochimică scoate în evidență cantitățile de elemente minerale ce pot constitui o sursă de nutriție pentru plante, cel puțin un sezon de vegetație încît, pe baza calculelor teoretice, să se poată interveni prin aplicarea

Scanned with OKEN Scanner

de îngrășăminte în scopul realizării producției scontate. Se testează, de fapt, așa-numitul „factor capacitate" despre care s-a discutat mai sus. Interesează în primul rînd compușii organici (humus) sau minerali cu azot, apoi cei cu fosfor și potasiu, microelementele existente în formele accesibile plantelor și, în fine, uneori prezintă interes macroelementele de ordin secundar (S, Mg).

În vederea cercetării reacției solurilor acide, cartarea agrochimică trebuie să stabilească, în plus față de elementele menționate mai sus, indicii acidității: reacția chimică (pH), aciditatea hidrolitică *(Ah)*, aciditatea de schimb *(As)*, formele mobile de aluminiu, fer și mangan, suma bazelor schimbabile (S_B), gradul de saturație în baze ($V\%$). La solurile saline și alcaline, prin cartarea agrochimică se precizează: conținutul de săruri solubile sau conductivitatea electrică, alcalinitatea datorată carbonaților și bicarbonaților, conținutul de sodiu schimbabil, conținutul de anioni nocivi (Cl^-, SO_4^{2-}), suma cationilor $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, sodiul solubil în soluția solului. La terenurile destinate plantațiilor de viță și pomi se determină și indicele puterii clorozante *(IPC)*.

Cartarea agrochimică se efectuează în toate țările cu agricultură avansată. În România, operațiunea este efectuată de Oficiile Județene pentru Studii Pedologice și Agrochimice și se desfășoară în 3 etape: *etapa de teren*, privește recoltarea probelor de sol după o anumită metodologie de lucru; *etapa de laborator*, se referă la analiza chimică a probelor de sol; *etapa de birou*, constă în întocmirea cartogramelor agrochimice, stabilirea producțiilor posibile la culturile din asolament, pe baza notelor de bonitare potențate sau nepotențate, stabilirea cantităților de îngrășăminte organice ce rezultă din fermă, a rotației culturilor, a dozelor optime de îngrășăminte pentru fiecare cultură și, în fine, a planului de aplicare a îngrășămintelor.

Probele de sol sînt recoltate de o echipă de muncitori dotați cu sonde agrochimice, cu cutii pentru ambalarea probelor de sol și cu lăzi din scîndură pentru expedierea acestora la laborator. Fiecare tarla de teren se împarte, utilizînd în acest scop un compas de lemn, în parcele de pe care urmează să se recolteze probele de sol. Mărimea acestora depinde de modul de folosință: 3—5 ha pentru culturi de cîmp situate pe terenuri în pantă, 8—10 ha la culturi de cîmp din zone cu relief șes, 5—10 ha la terenuri utilizate ca pășuni și fînețe, 0,5—2 ha în legumicultură, 100— 1 000 m² în sere și solarii. Probele se recoltează împungînd de mai multe ori solul pe cele două diagonale ale parcelei și colectînd probele parțiale într-o cutie ce poartă un anumit număr, notat și pe planul de situație (1/5 000—1/10 000) cu care este dotată echipa ce efectuează recoltarea probelor de sol. Probele medii se aduc în laborator, după uscare se macină și apoi se supun analizelor chimice menționate mai sus.

La solurile destinate culturilor de cîmp, pășunilor și fînețelor sau legumelor, probele de sol se recoltează din stratul arat (0—20 cm); la cele destinate plantațiilor de pomi și viței de vie, recoltarea se face pe două adîncimi: 0—20 cm și, respectiv, 20—40 cm. Se explorează astfel straturile de sol în care se află distribuită principala masă de rădăcini a plantelor.

Întocmirea cartogramelor agrochimice. Prin cartograme agrochimice se înțelege transpunerea pe hărți sau planuri topografice a datelor privind elementele sau însușirile chimice cartabile. Se folosesc hărți la scara 1/5 000—1/10 000, scara hărții fiind funcție de relief, de diversitatea condițiilor de sol, de lucrările hidroameliorative aplicate solului etc. Cînd relieful este accidentat sau se efectuează o chimizare intensivă, se utilizează hărți la scări cu numitor mic.

Pentru fiecare element cartabil se întocmește o hartă separată. Pe aceasta se delimitează parcelele de pe care s-au recoltat probele de sol, pe ele se înscriu rezultatele analitice privind elementul nutritiv cartat, se adoptă o legendă (limite de interpretare a datelor) și se delimitează, prin semne convenționale sau culori, toate parcelele caracterizate prin valori ale elementului cartat situat între aceleași limite.

Scanned with OKEN Scanner

Cartogramele agrochimice sînt un instrument prețios în stabilirea dozelor de îngrășăminte și întocmirea planurilor de aplicare a îngrășămintelor.

Oficiile de Studii Pedologice și Agrochimice pun la dispoziția întreprinderilor agricole cartogramele agrochimice însoțite de un memoriu agrochimic ce conține și o sinteză a concluziilor desprinse din interpretarea cartogramelor agrochimice și a buletinelor de analiză ce însoțesc cartogramele, recomandări privind sortimentul și dozele de îngrășăminte aplicabile culturilor în primul an după cartare.

Cartarea agrochimică se reactualizează la fiecare 3—5 ani; între timp se pot efectua sondaje pentru precizarea anumitor dereglări de nutriție ce se pot manifesta, la unele culturi, în anumiți ani.

Cercetări lizimetrice. Metoda lizimetrelor se utilizează în scopul stabilirii pierderilor ce au loc din îngrășămintele aplicate solului, prin spălare sub acțiunea apelor de infiltrație. Cu acest prilej pot fi cercetate și alte aspecte: variația umidității solului, coeficientul de transpirație a plantelor, modificarea însușirilor fizico-chimice ale solului fertilizat cu îngrășăminte etc. Cunoscînd conținutul solului în elemente nutritive și elementele intrate în acesta prin îngrășăminte, pe de o parte, și pe de alta ieșirile elementelor o dată cu recoltele și prin spălare, se poate stabili un bilanț necesar întocmirii planurilor de fertilizare.

Locul de instalare a lizimetrelor trebuie să corespundă condițiilor locale. Ele se instalează în cîmp, îngropate, cu partea superioară la nivelul solului.

Pentru a se obține date comparabile, se folosesc pe același teren mai multe lizimetre așezate pe una, două sau mai multe linii paralele, cu mici spații între ele pentru circulație, potrivit schemei experimentale. Poate exista o suprafață de teren pe care sînt instalate mai multe zeci de lizimetre ce servesc în același timp la studiul mai multor teme experimentale. În acest caz, ele au caracter staționar, ca o casă de vegetație.

Lizimetrul este format din: un cilindru confecționat din metal, din beton sau din material plastic, cu diametrul între 0,25—1 m sau mai mult. Lungimea cilindrilor este variabilă, funcție de nivelul pînă la care se intenționează a se urmări spălarea îngrășămintelor. Cilindrul se îngroapă în pămînt, partea superioară a acestuia rămînînd la nivelul solului, apoi se umple cu solul tipic la care se intenționează a se studia infiltrațiile, avînd grijă să se respecte succesiunea orizonturilor genetice, se tasează și se însămînțează cu o anumită cultură (sau se menține ca ogor negru).

La partea inferioară, lizimetrul este prevăzut cu un sistem de drenaj ce colectează infiltrațiile și le conduce în vase de înmagazinare, situate într-un tranșeu subteran. După măsurarea infiltrațiilor în urma precipitațiilor de diverse intensități, scurgerea colectată se folosește pentru analiza chimică a elementelor deplasate prin infiltrație. Foarte utilizate sînt lizimetrele cu *pîlnie sistem Ebermeier* (fig. 6.8).

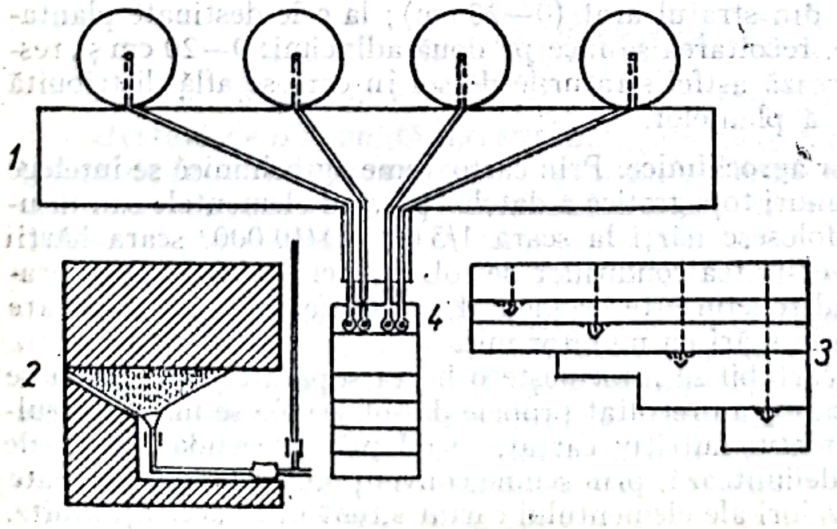


Fig. 6.8. Lizimetru cu pîlnie de tablă zincată, tip Ebermeier:
1 — vedere generală; *2* — secțiune verticală printr-un lizimetru; *3* — distribuția schematică a pîlniilor de la cîteva lizimetre pe mai multe niveluri; *4* — vase colectoare de infiltrații.

Scanned with OKEN Scanner

Uneori lizimetrele se instalează în teren fără a se recurge la mobilizarea straturilor de sol. S-au remarcat deosebiri evidente în ce privește volumul scurgerilor și conținutul acestora în elemente, între lizimetrele umplute cu sol în succesiunea naturală și cele instalate fără mobilizarea orizonturilor de sol.

Levigarea elementelor pe profilul solului variază în funcție de textură, de precipitațiile anuale, îngrășămintele aplicate etc. (tabelul 6.8). La 600 mm precipitații anuale percolează solul circa 49% din acestea la solul nisipos, 29% la cel luto-nisipos, 23% la cel lutos și 34% la cel argilos. Levigarea este mai ridicată la solul nisipos comparativ cu cel argilos. Ionii Na^+ și Mg^{2+} sînt mai ușor spălați comparativ cu K^+ și, respectiv, Ca^{2+}, deoarece sînt reținuți mai slab la particulele de sol. Fosforul este levigat foarte puțin sau deloc (V ö m e l , 1966). Pierderile de azot prin denitrificare sînt mult mai mari decît cele prin spălare.

Tabelul 6.

Limite de variație privind îndepărtarea elementelor nutritive din profilul solului prin levigare, kg/ha/an (V ö m e l, 1966)

Textura solului	Argilă (%)	N	K	Na	Ca	Mg
Nisipos	<3	12—52	7—17	9—52	110—300	17—43
Nisipo-lutos	16	0—27	6—14	1—69	0—242	0—37
Lutos	28	9—44	3— 8	11—45	21—176	9—61
Argilos	39	5—44	3— 8	9—42	72—341	10—54

Cercetări în soluții nutritive. Unele aspecte privind nutriția plantelor se studiază numai în soluții nutritive. Fracțiunea solidă influențează concentrația soluției solului după aplicarea îngrășămintelor, rapoartele între diversele specii de ioni, reacția mediului, mobilitatea altor elemente nutritive din sol. Pătrunderea elementelor minerale în plante se studiază în condiții riguros controlate, în care se exclude influența altor surse de nutriție minerală și chiar a microorganismelor (se realizează mediu steril).

Soluțiile nutritive conțin toate speciile de ioni în concentrații optime cerinței plantelor. Sărurile utilizate la crearea lor trebuie să rămînă în forme accesibile. Soluțiile nutritive se mențin la niveluri *p*H constante prin folosirea unor săruri tampon.

Soluțiile nutritive propuse de K n o p p și H e l l r i e g e l în secolul trecut și mai tîrziu de P r i a n i ș n i k o v și alții se utilizează și astăzi, cu modificările cerute de scopul cercetării (tabelul 6.9). Prepararea lor se face cu apă distilată sau bidistilată. Dacă cercetările se efectuează pe nisip de cuarț, acesta se tratează în prealabil cu HCl concentrat pentru solubilizarea compușilor ce conțin elemente nutritive, apoi se spală cu apă de robinet, iar cu apă distilată se îndepărtează urmele de clor (reacția cu $AgNO_3$). Se efectuează culturi pe nisip cînd, în timpul creșterii plantelor, se modifică constituenții soluției nutritive prin apariția precipitatelor (exemplu, $Fe(OH)_3$).

Soluțiile Hellriegel și Knopp conțin doar 8 elemente nutritive esențiale: N, S, P, K, Ca, Mg, Fe, Cl. Astăzi se introduc în soluții și alte elemente: B, Mo, Mn etc. Soluția trebuie să fie echilibrată din punct de vedere fiziologic, ceea ce se realizează prin raporturile dintre cationii mono- și cei divalenți. Calciul nu exercită o influență nocivă asupra plantelor, de aceea este folosit adesea la realizarea echilibrului. Acțiunea tampon împotriva alcalinizării sau acidifierii soluției se realizează cu ajutorul sărurilor fosfat. Fosfații monosubstituiți (KH_2PO_4, NaH_2PO_4 etc.)

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.9

Soluții nutritive, mg substanță/1 litru apă sau 1 kg nisip

Substanțe:	Hellriegel	Knopp	Prianișnikov	Belousov
$Ca(NO_3)_2$ anhidru	492	1 000	—	1 110
NH_4NO_3	—	—	24	—
KH_2PO_4	136	250	—	360
K_2HPO_4	—	—	—	430
$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	—	—	172	—
$MgSO_4$ anhidru	60	250	60	—
KCl	75	120	160	—
$FeCl_3$	25	urme	25	10
NaCl	—	—	—	100
H_3BO_3	—	—	—	5
$MnSO_4$	—	—	—	5
$CuSO_4 \cdot 2H_2O$	—	—	344	—
*p*H-ul la începutul experienței	3,6	5,5	6,5	—
*p*H-ul la sfîrșitul experienței	7,0	7,2	5,8	

manifestă acțiune în sensul evitării alcalinizării (exemplu, KH_2PO_4 are *p*H 4,5) iar cei cu 2H substituiți exercită acțiune tampon împotriva acidifierii (soluția de K_2HPO_4 are *p*H 9,5). Reacția amestecului nutritiv depinde, deci, de conținutul în săruri fosfat și de cele ce conțin Fe. Clorura ferică ($FeCl_3$) imprimă soluției reacție acidă. Azotatul de calciu din soluția Hellriegel are tendința de a alcaliniza soluția nutritivă, deoarece plantele consumă mai mult NO_3^- decît Ca^{2+}, acțiunea tampon fiind exercitată de KH_2PO_4. În soluția Prianișnikov, acțiunea tampon împotriva acidifierii produsă de NH_4NO_3 este realizată de $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$.

Spre a se evita precipitarea Fe sub formă de fosfați, acesta se poate aplica în doze mici sub formă de citrat.

Amestecul Knopp este mai concentrat în substanțe nutritive comparativ cu cel Hellriegel, fiind recomandat la culturi mari consumatoare de elemente. Foarte adesea sînt folosite amestecurile Hellriegel și Prianișnikov.

Culturile în soluții nutritive se efectuează în vase de sticlă sau din polietilenă (3,5—5,0 litri). În vas se introduce apă distilată pînă la 4/5 din volum, cu pipeta sau cilindrul gradat se adaugă apoi soluția nutritivă (se evită impurificările), se completează cu apă distilată pînă la 1 cm sub partea superioară a vasului, apoi vasul se acoperă cu un capac de lemn prevăzut cu 4—5 orificii de 1,5—2 cm diametru. Prin orificii se transplantează plăntuțele după germinare, fixîndu-se cu vată și parafină. În orificiul central se introduce un tub de sticlă pentru schimbul de gaze. Exteriorul vasului se acoperă cu hîrtie neagră spre a se evita pătrunderea luminii. Peste această hîrtie se suprapune alta albă, care evită supraîncălzirea.

Semințele germinează mai întîi pe hîrtie de filtru umezită, în vase plate de sticlă, apoi se așază pe nisip de cuarț umectat cu soluție nutritivă avînd 1/10—1/5 din concentrația normală, în locul nisipului putîndu-se folosi tifon. Plăntuța se trece în vasul cu soluția nutritivă cînd tulpinița are 6—7 cm înălțime și rădăcinile 7—8 cm lungime.

La nevoie, reacția soluției se corectează cu NaOH sau HCl. Apa pierdută prin evaporare și transpirație se completează cu apă distilată. Deoarece concentrația soluției nutritive se micșorează în timpul creșterii plantelor, aceasta se înlocuiește periodic cu alta proaspătă, în perioada experimentală. La recoltare se separă rădăcinile de partea aeriană a plantelor, se usucă și se supun analizelor chimice, după care urmează interpretările teoretice.

Cultura plantelor în soluții nutritive a fost extinsă, în ultimele decenii, în condiții de producție.

Scanned with OKEN Scanner

Teste recapitulative

6.1. Arătați: ce procedee se folosesc pentru estimarea elementelor nutritive din sol, existente în forme accesibile plantelor; corelația rezultatelor obținute prin aceste procedee cu noțiunile „factor de intensitate" și „factor de capacitate".

6.2. Cum se efectuează controlul fertilității solului prin cartări agrochimice și experiențe cu îngrășăminte?

7. STABILIREA DOZELOR DE ÎNGRĂȘĂMINTE

Obiectivul principal al tehnologiilor de cultivare a plantelor este realizarea unor producții maxime. În condiții de mediu natural este greu să se asigure toți factorii de care depinde realizarea potențialului productiv al fiecărei specii. Variațiile mari ale factorilor de creștere față de optimul cerut de fiecare specie de plante micșorează nivelul recoltelor. Realizarea optimului pentru un anumit factor de creștere contribuie la modificarea acțiunii celorlalți factori. De exemplu, temperatura optimă de desfășurare a procesului de fotosinteză depinde de condițiile de luminozitate. Această observație este valabilă și în privința optimului de aprovizionare a plantelor cu elemente nutritive.

Pentru realizarea producției vegetale maxime trebuie să se țină seama de anumiți factori decisivi.

Potențialul fotosintetic. Existența omului și a animalelor depinde în intregime de masa vegetală ce se poate forma anual, iar aceasta este o consecință a potențialului fotosintetic al fiecărei specii. Fiecare unitate de potențial fotosintetic asigură formarea unei anumite cantități de substanță uscată, pe acest criteriu putindu-se stabili mărimea recoltelor posibile.

Mărimea potențialului fotosintetic *(PF)* pentru o anumită perioadă de timp se calculează folosind formula:

$$PF = ST, \tag{7.1}$$

în care:

S este indicele mediu al suprafeței foliare într-o anumită perioadă de observație, în mii m²/ha;

T — durata perioadei de observație, în zile, pentru intervalul de vegetație studiat.

Potențialul fotosintetic depinde direct de asigurarea plantelor cu hrană, apă și căldură în tot cursul perioadei de vegetație. În concluzie, este necesar să se utilizeze în practică soiuri de plante ce valorifică eficient energia luminoasă și folosesc cu randament superior îngrășămintele aplicate solului.

Indicele foliar (IF) influențează într-o măsură importantă randamentul producției. Se calculează din raportul suprafeței la plantele de pe un anumit areal și suprafața arealului.

Indicele foliar exprimă intensitatea luminoasă favorabilă randamentului.

La grîu cu o densitate optimă pentru captarea energiei luminoase s-ar putea realiza producții record, dacă sînt asigurați ceilalți factori de creștere. Practic însă, pe măsura creșterii plantelor sporește și gradul de acoperire a solului, în consecință frunzele inferioare ale acestora primesc insuficientă lumină solară, se îngălbenesc, elementele nutritive migrează în frunzele tinere, energia solară nu mai este eficient utilizată.

Scanned with OKEN Scanner

Elementele minerale constituie unul din factorii primordiali ai creşterii şi dezvoltării plantelor. La întocmirea sistemului de fertilizare trebuie să se ţină seama de cerinţele specifice în elemente nutritive ale fiecărei specii de plante, de echilibrul nutritiv. În calculul dozelor de îngrăşăminte se ia în considerare *consumul specific* care se exprimă în kg s.a./tona de produs comercial + produsul necomercial realizat de plantă în raport cu cerinţele sale biologice, în condiţiile pedoclimatice date.

Climatul. Există tendinţa de a se exprima printr-o cifră sintetică. Se cunosc mai multe formule. Citãm *coeficientul pluviometric al lui Emberger:*

$$Q = \frac{P}{M - m} \cdot 100, \qquad (7.2)$$

în care:

P este totalul precipitaţiilor anuale;
M — media maximă a precipitaţiilor în lunile mai calde;
m — media minimă a precipitaţiilor în lunile mai reci.

Alţi factori de care se ţine seama la stabilirea dozelor de îngrăşăminte sînt:

Asigurarea cu apă şi repartiţia precipitaţiilor. Se iau în considerare lunile cele mai secetoase şi cele mai umede. De asemenea se ţine seama de posibilitatea utilizării irigaţiei.

Sistemul radicular. De modul de repartiţie a sistemului radicular pe profilul solului, de bogăţia lui depinde utilizarea în măsură mai mare sau mai mică a rezervei de apă din sol, a rezervei de elemente nutritive şi a îngrăşămintelor aplicate.

Proprietăţile fizice ale solului şi rezistenţa culturilor faţă de secetă influenţează, de asemenea, eficienţa îngrăşămintelor.

7.1. STABILIREA PRODUCŢIEI PROBABILE

Stabilirea producţiei probabile înainte de începerea anului agricol este una din cele mai importante operaţiuni în vederea precizării dozelor de ingrăşăminte, a sistemului de fertilizare în concordanţă cu toţi ceilalţi factori tehnico-economici.

Un rol important în precizarea dozelor îl are bonitarea terenurilor agricole, prilej cu care se ia în considerare favorabilitatea solurilor pentru culturile agricole din punct de vedere al reliefului, hidrologiei, climei, textura solului şi alţi factori naturali, toţi factorii fiind încadraţi într-un punctaj care ajunge la maximum 100 puncte. Notele de bonitare avînd o valoare scăzută (sub 30) indică terenuri mai puţin favorabile anumitor culturi, în timp ce notele de bonitare cu valoare peste 90 demonstrează un grad ridicat de favorabilitate a solului pentru multe culturi.

Evaluarea economică a unui teren are la bază transformarea notei de bonitare într-o cifră care exprimă volumul (cantitatea) producţiei ce revine fiecărui punct al notei de bonitare. Nivelul recoltei ce revine unui punct al notei de bonitare pentru fiecare cultură dintr-o anumită zonă se calculează din raportul producţiei medii realizată la o anumită specie de plante cultivate pe o parcelă de teren şi nota de bonitare a acelei parcele.

Exemplu: dacă recolta realizată la grîu într-o întreprindere agricolă este de 4 500 kg boabe, iar valoarea medie a notelor de bonitare a terenurilor este 70, rezultă că pentru fiecare punct al notei de bonitare revin 64,3 kg grîu. Prin înmulţirea notei medii de bonitare ce revine solurilor unei întreprinderi agricole cu recolta ce revine unui punct al notei de bonitare, se obţine producţia medie la hectar pentru cultura considerată. Asemenea date permit stabilirea producţiei probabile pe judeţe şi la nivelul ţării.

Scanned with OKEN Scanner

Notele de bonitare rămîn, în general, neschimbate, dar cresc sarcinile de producție ca urmare a îmbunătățirii fertilității solului prin aplicare de îngrășăminte, lucrări de îmbunătățiri funciare, irigații, drenaj, mecanizare, corectarea reacției etc.

Nota de bonitare medie ponderată $(\bar{x})$ pe solă sau parcelă se calculează folosind relația:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{1}^{n} ni \cdot xi}{\sum_{1}^{n} xi}, \qquad (7.3)$$

în care:

ni reprezintă suprafețe parțiale de teren (ha)

xi — nota de bonitare corespunzătoare acelei suprafețe.

Valorile obținute pentru nota de bonitare medie ponderată sînt, aproape întotdeauna, mai mici de 100. Aceasta demonstrează că factorii nefavorabili creșterii plantelor cultivate și obținerii unei producții normale *penalizează* mărimea notei de bonitare, micșorîndu-i valoarea. Cu cît nota de bonitare va avea o valoare mai mare, cu atît producțiile posibile la diverse culturi vor fi mai ridicate fără aplicarea unor măsuri speciale cum sînt lucrările de irigații, drenaj, desecare, combaterea eroziunii, corectarea reacției solului, fertilizarea intensivă etc. Dacă se aplică și asemenea lucrări, dispar penalizările ce au dus la micșorarea notei de bonitare medii ponderate. Se obține o notă medie ponderată potențată.

Nota medie ponderată potențată, a cărei valoare este mult mai ridicată, se obține prin înmulțirea notei nepotențate cu coeficienți a căror mărime depinde de felul lucrărilor speciale de potențare a fertilității solului (desecări, combaterea eroziunii, irigații etc.).

Pentru aflarea recolt ei scontate *(Rs)*, utilizînd nota de bonitare potențată sau nepotențată se folose ște frecvent funcția de regresie pătratică:

$$Rs,\ \text{kg/ha} = a + bx + cx^2, \qquad (7.4)$$

în care:

a este coeficientul funcției de regresie la nivelul recoltei medii, la zero puncte de bonitare;

b — coeficientul funcției de regresie, care arată cantitatea de recoltă ce revine pe un punct al notei de bonitare;

c — coeficientul care arată creșterea sau descreșterea cantității de recoltă la un punct al notei de bonitare;

x — nota de bonitare.

7.2. CRITERII DE STABILIRE A DOZELOR DE ÎNGRĂȘĂMINTE

Din punct de vedere practic este importantă cunoașterea cantităților de îngrășăminte ce trebuie aplicate solului în scopul satisfacerii cerințelor biologice ale speciilor de plante cultivate. Operația este dificilă, fiind afectată de o mare incertitudine datorită multitudinii factorilor de vegetație ce se intercondiționează în procesul formării compușilor organici din plantă, a creșterii acesteia în general. S-a arătat mai înainte că bioconversia energiei solare în energie chimică utilizabilă de către om și animale depinde pe de o parte de factorii endogeni ai plantei, pe de altă parte de factorii exogeni ai acesteia. În stabilirea dozelor și a formelor de îngrășăminte utilizabile, rolul esențial îl au însușirile plantei, apoi însușirile fizico-chimice ale solului, condițiile de climă, tehnologiile de cultivare a solului etc.

Scanned with OKEN Scanner

Însușirile speciei se referă la valoarea biologică (și economică) a produsului principal obținut, cantitățile de elemente minerale îndepărtate o dată cu recolta, însușirile de solubilizare și de absorbție a elementelor nutritive din compușii minerali existenți în sol sau de fixare biochimică a azotului molecular din atmosferă prin simbioza cu microorganisme specifice.

Factorul sol prezintă importanță prin însușirile sale chimice și fizice. Însușirile chimice se referă la conținutul total de substanțe nutritive, la formele accesibile plantelor, la rapoartele dintre diversele specii de elemente, la anumiți indici de care depinde dezvoltarea plantelor (aciditate, salinitate, conținutul în metale grele etc.). Însușirile fizice privesc umiditatea, aerația, textura etc. Cartarea agrochimică oferă indicațiile necesare în această privință.

Din punctul de vedere al dozei efectiv aplicabile pe teren, trebuie să se țină seama și de factorii secundari, cu implicații majore în dezvoltarea plantelor și valorificarea de către acestea a îngrășămintelor aplicate solului: cultura premergătoare, aplicarea îngrășămintelor organice la cultura actuală sau la cele din anii precedenți, condițiile pluviometrice din timpul iernii sau din timpul vegetației, abaterile de la temperatura atmosferică medie multianuală, remanența îngrășămintelor chimice aplicate în anii precedenți. Astfel, cerealele cultivate după specii leguminoase oferă producții ridicate la doze relativ mici de îngrășăminte chimice cu azot, datorită azotului fixat biologic pe rădăcinile speciilor leguminoase. Îngrășămintele organice eliberează lent azotul și fosforul, pe măsura mineralizării lor biochimice, efectul ca îngrășământ extinzîndu-se pe cel puțin trei ani, funcție de doza aplicată. În anii secetoși, valorificarea îngrășămintelor chimice este inferioară celei din anii normali sau cu precipitații multe. Irigația presupune folosirea unor doze mult mai mari de îngrășăminte. În fine, tehnologiile de lucrare a solului, de combatere a bolilor și dăunătorilor, pot avea implicații asupra mărimii coeficientului de valorificare a substanței active din îngrășământ.

La subcapitolul 6.3 s-a menționat că sporul de recoltă ce se obține în urma aplicării unor doze crescînde dintr-un element nutritiv, devine din ce în ce mai mic pe măsura creșterii dozei, ajungîndu-se la un moment dat la aplatizarea curbei producției. Aceasta înseamnă că venitul net specific *(VNS)* ce revine la un leu cheltuieli cu îngrășămintele aplicate solului scade o dată cu creșterea dozei. Venitul net este un indicator important în dimensionarea dozei de îngrășământ, ca de altfel și venitul net total *(VNT)* obținut la hectar prin aplicarea îngrășămintelor. În stabilirea dozei se poate opta pentru aplicarea unei doze maxime de îngrășământ sau pentru stabilirea unei doze care să corespundă optimului din punctul de vedere economic. Alegerea uneia din cele două alternative depinde de felul culturii și de faptul dacă gospodăria dispune de cantități satisfăcătoare de îngrășăminte pentru obținerea maximului spor de recoltă.

Cînd întreprinderea agricolă nu dispune de suficiente îngrășăminte pentru aplicarea unor doze maxime la toate culturile, este mai avantajoasă aplicarea unor doze moderate la toate culturile și nu la una sau la unele din asolament, deoarece sporul de recoltă și beneficiul obținut sînt mai mari.

Institutul pentru Cercetări Pedologice și Agrochimice din București recomandă două alternative de stabilire a dozelor de îngrășăminte:

1) pentru niveluri optime din punct de vedere economic, ceea ce înseamnă un venit net maxim (*VNT* max) la hectar (fig. 7.1), cheltuielile cu fertilizarea reprezentînd peste 10% din totalul cheltuielilor tehnologice;

2) pentru niveluri optime experimentale, cînd costul fertilizării reprezintă sub 10% din cheltuielile tehnologice.

În ambele alternative, recolta scontată *(Rs)* ar urma să se stabilească pe baza potențialului productiv al solului, cît și a stării de fertilitate a acestuia precizată prin lucrările de cartare agrochimică și prin cele de bonitare. În mod firesc, pe măsura creșterii conținutului solului în forme accesibile dintr-un anumit element, se

Scanned with OKEN Scanner

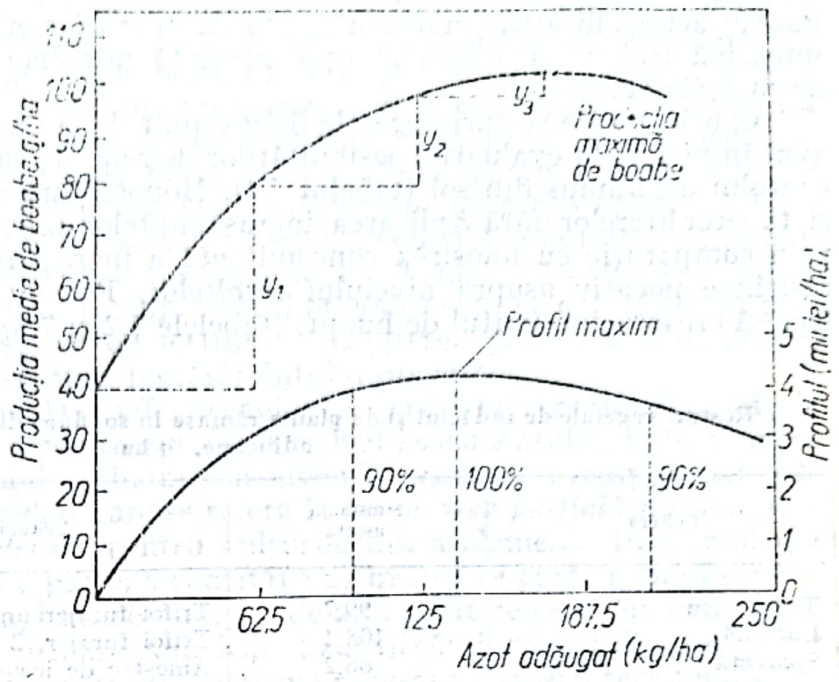


Fig. 7.1. Producția medie de porumb boabe în funcție de dozele de îngrășăminte cu azot aplicate solului și beneficiul obținut în raport cu aceste doze.

micșorează mărimea dozei aplicabile ca îngrășămînt. S-au stabilit, experimental, niveluri optime și niveluri maxime din diverse elemente nutritive existente în sol, așa cum s-a arătat mai înainte. Prin urmare, componenta „sol" are un rol hotărîtor în dimensionarea dozelor de îngrășăminte.

7.3. PROCEDEE DE STABILIRE A DOZELOR DE ÎNGRĂȘĂMINTE

Diferențierea dozelor de îngrășăminte în raport cu starea de aprovizionare a solului cu elemente nutritive reprezintă o condiție indispensabilă obținerii producțiilor scontate, dacă restul factorilor de vegetație satisfac cerințele dezvoltării normale a plantelor. O diferențiere prea amănunțită nu este posibilă, ea fiind accesibilă la nivelul fiecărei tarlale sau sole din asolament. De aceea, indicii agrochimici trebuie să capete, în cele din urmă, valori medii ponderate, semnificînd starea medie de aprovizionare cu acel element nutritiv a tarlalei (solei) întregi sau a unei porțiuni din acesta, dacă este cazul despărțirii tarlalei în mai multe parcele sub aspectul stării de fertilitate.

În literatura de specialitate se întîlnesc numeroase procedee pentru calculul dozelor de îngrășăminte, toate fiind însoțite de un anumit grad de relativitate. De aceea, vom prezenta doar cîteva dintre acestea.

7.3.1. STABILIREA DOZELOR DE ÎNGRĂȘĂMINTE ORGANICE

Materia organică a solului îndeplinește un rol fundamental în definirea însușirii de fertilitate. Humusul și resturile anuale de plante și animale constituie un rezervor în care este înmagazinată energia chimică necesară desfășurării activității biologice a solului. Din materia organică sînt eliberate lent, prin descompunere biochimică, macro- și microelementele necesare nutriției plantelor. Compușii humusului îmbunătățesc însușirile fizice ale solului prin structurarea agregatelor de sol, cresc capacitatea de tamponare, preîntîmpină creșterea concentrației sărurilor solubile din soluția solului peste limitele tolerate de rădăcinile plantelor cultivate cînd se aplică îngrășăminte chimice în doze ridicate. De asemenea, datorită prezenței lor, se sporește puterea de reținere a apei, se evită tasarea excesivă, este influențată

Scanned with OKEN Scanner

pozitiv accesibilitatea anumitor specii de microelemente. De aceea, în agricultura intensivă trebuie acordată atenția cuvenită menținerii sau creșterii conținutului de materie organică.

Cantitatea de resturi vegetale diferă mult de la o specie la alta, fapt ce trebuie avut în vedere la evaluarea posibilităților de refacere, menținere sau creștere a procentului de humus din sol (tabelul 7.1). Monocultura cerealelor, a rădăcinoaselor și tuberculiferelor fără aplicarea îngrășămintelor micșorează procentul de humus prin comparație cu folosirea concomitentă a îngrășămintelor organice, ceea ce se răsfrînge negativ asupra nivelului recoltelor. Prezența leguminoaselor în rotație face să crească conținutul de humus (tabelele 7.2 și 7.3).

Tabelul 7.1

Resturi vegetale de rădăcini și de plante rămase în sol după diverse culturi, pînă la 26 cm adîncime, q/ha

Cultura	Substanța uscată	Cultura	Substanța uscată
Trifoi roșu	99,7	Trifoi furajer un an	30,0
Lucernă	108,1	Trifoi furajer, 2 ani	56,0
Sparcetă	66,2	Amestec de ierburi	28,0
Seradelă	39,7	Cereale	14,0
Lupin	39,4	Sfeclă	8,0
Orz	22,2	Cartof	5,0

Tabelul 7.2

Conținutul de humus și raportul C/N din soluri cultivate și fertilizate diferit (după **Diez și Bachrhaler, 1978**)

Cultura și fertilizare	Humus (%)	Valori relative	C/N
Rotație de 3 ani, gunoi putred, trifoi	2,33	100	9,0
Cereale continuu (grîu pînă în 1968) fertilizare cu paie	1,97	85	8,6
Porumb continuu, fertilizare cu paie	2,02	87	9,4
Leguminoase continuu	2,10	90	8,5
Cartof continuu, 9 t/ha/an, gunoi	2,25	97	9,7
Cartof continuu, fără îngrășămînt organic	1,83	79	8,5
Sfeclă de zahăr + frunze ca îngrășămînt	2,00	86	8,8
Sfeclă de zahăr, fără frunze ca îngrășămînt	1,83	79	8,3
Fineață permanentă	2,90	124	8,8

Tabelul 7.3

Modificarea conținutului de C, N și raportul C/N la un sol brun cenușiu de pădure după 19 ani de aplicare a cîtorva îngrășăminte organice (după **Sauerbeck, 1980**)

Tratamentul	C%	N%	C/N
Valori inițiale (1956)	0,94	0,099	9,5
Îngrășăminte minerale (NPK)	0,87	0,093	9,4
Paie ca îngrășămînt	0,97	0,099	9,8
Paie + 46 t nămol orășenesc	1,04	0,112	9,3
Paie + 92 t nămol orășenesc	1,11	0,116	9,6
92 t nămol orășenesc	1,06	0,117	9,1
50 t/ha gunoi putred	1,22	0,132	9,2

Scanned with OKEN Scanner

Efectul diverselor îngrășăminte organice asupra formării humusului depinde în mare măsură de natura constituenților organici, de ușurința biodegradării lor după aplicarea în sol. Îngrășămintele bogate în celuloză și lignină, substanțe lent degradabile și cu un anumit rol în formarea acizilor humici, contribuie în măsură mai mare la creșterea conținutului de humus comparativ cu altele ușor biodegradabile. Prezența elementelor minerale necesare dezvoltării microorganismelor este indispensabilă procesului de descompunere. Din gunoiul de grajd aplicat solului, 90—95% are efect de îngrășământ și numai 5—10% contribuie la formarea humusului. Pentru menținerea activității biologice la un nivel ridicat, trebuie să se introducă anual în sol o anumită cantitate de resturi organice care să contribuie la păstrarea microflorei și a însușirilor de fertilitate. Creșterea procentului de humus depinde de constituenții sau natura îngrășământului organic.

Stabilirea dozelor de îngrășăminte organice se poate face pornind fie de la criteriul *bilanțului substanței organice din sol* în cadrul asolamentului, în ideea menținerii sau creșterii procentului de humus la nivelul permis de condițiile naturale locale, fie de la obiectivul imediat care se referă la *asigurarea parțială sau integrală a necesarului de elemente nutritive* pentru culturile din asolament. În primul caz se impune cunoașterea, pe de o parte, a cantității de humus ce poate rezulta dintr-o tonă de îngrășământ organic aplicat solului, pe de altă parte se cere cunoscută cantitatea de humus degradat biochimic anual în cazul fiecărei culturi din asolament pentru asigurarea parțială a elementelor nutritive necesare formării recoltei. Modalitatea de lucru după acest criteriu capătă semnificația cuvenită în contextul agriculturii intensive (vezi subcap. 8.3). Experimental s-a stabilit că aplicînd diverse tipuri de îngrășăminte organice în cantitatea de 120 t substanță organică la hectar în decurs de 6 ani, nivelul cel mai ridicat al C organic din sol s-a realizat la aplicarea gunoiului de grajd descompus (181%), cel mai scăzut fiind la îngrășământul verde (123%), îngrășămintele minerale cu NPK avînd o semnificație scăzută în modificarea acestui conținut (fig. 7.2). Considerînd egală cu 100% cantitatea de C organic din solul în care s-a introdus îngrășământul organic, descompunerea și pierderea sa are loc după o curbă logaritmică ce atinge valoarea existentă înainte de fertilizarea organică după 25 de ani (fig. 7.3). Acumularea humusului după fertilizarea sistematică cu îngrășăminte organice se face treptat, tot după o curbă logaritmică ce atinge un nivel de echilibru după o perioadă de aproape 50 de ani (S a u e r b e c k, 1980).

De cele mai multe ori, îngrășămintele minerale nu sporesc evident conținutul de humus deși plantele lasă o masă vegetală mai bogată decît la solul nefertilizat; de aceea, există opinia că prin folosirea concomitentă a îngrășămintelor organice cu

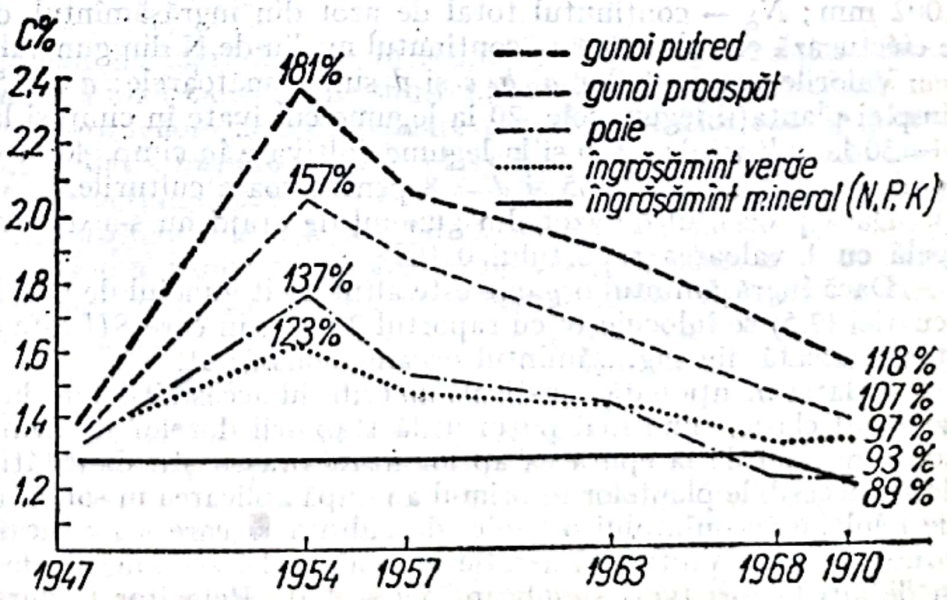


Fig. 7.2. Modificarea conținutului de carbon organic din sol după aplicarea unor doze ridicate de îngrășăminte organice (D i e z și B a c h t h a l 1978).

Scanned with OKEN Scanner

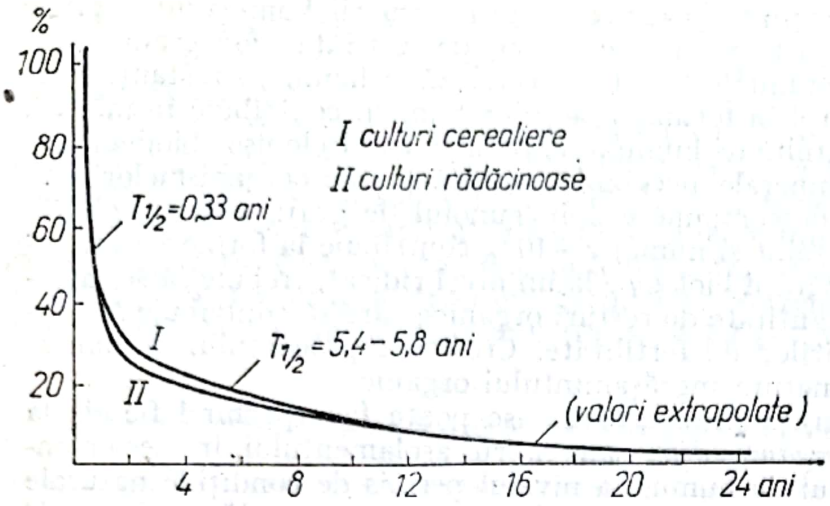


Fig. 7.3. Pierderea carbonului marcat ^{14}C din paie, în timp de 11 ani de descompunere în cîmp (1966—1978), pe sol cenușiu de pădure cu *p*H 6,7, 0,8% C, 16,4% argilă (după S ö c h t i g și S a u e r b e c k). (1980).

cele minerale, sporește mai mult procentul de humus decît la folosirea numai a celor organice. În accepțiunea acestei idei, dozele de îngrășămînt se stabilesc luînd în considerare ambele alternative în care sînt implicate îngrășămintele organice: sursă de substanță organică pentru refacerea humusului și sursă de elemente pentru nutriția plantelor.

Stabilirea dozelor de îngrășăminte organice după criteriul asigurării parțiale sau integrale a unuia sau mai multora din elementele necesare nutriției plantelor se face folosind mai multe procedee. De obicei se consideră că azotul este principalul element nutritiv din îngrășămîntul organic, funcție de acesta stabilindu-se doza ce trebuie aplicată solului (vezi fig. 5.27).

Pentru culturi de cîmp, plantații pomicole sau viticole se folosește formula 7.5), valabilă pentru gunoiul de grajd mediu fermentat (H e r a și B o r l a n, 1980):

$$\text{Doza t/ha} = \left(a + \frac{b}{IN}\right)\left(c - \frac{d}{Ag}\right)\left(\frac{0{,}4}{Ng}\right), \qquad (7.5)$$

în care:

a, *b*, *c* și *d* sînt parametri experimentali stabiliți pentru grupe de culturi și anumite măsuri tehnologice; IN — „indicele azot" al solului stabilit pe baza conținutului de humus ($H\%$) și a gradului de saturație cu baze ($V\%$): $IN = H \cdot V/100$; Ag — conținutul de argilă din stratul arat, particule cu diametrul sub 0,002 mm; Ng — conținutul total de azot din îngrășămîntul organic pentru care se efectuează calculul; 0,4 — conținutul mediu de N din gunoiul de grajd clasic.

Valorile parametrilor *a*, *b*, *c* și *d* sînt următoarele: $a = 15$ pentru culturi de cîmp și plantații legumicole, 20 la legume cultivate în cîmp și la plantații de viță; $b = 30$ la culturi de cîmp și la legume cultivate în cîmp, 40 la vița de vie și 50 la pomii frutctiferi; $c = 1{,}35$ și $d = 8$ pentru toate culturile.

Dacă procentul de azot din gunoiul de grajd nu s-a determinat, se consideră egală cu 1 valoarea raportului 0,4/Ng.

Dacă îngrășămîntul organic este altul decît gunoiul de grajd, ultimul termen al ecuației (7.5) se înlocuiește cu raportul $22/SU$, în care SU este conținutul de substanță uscată din îngrășămîntul organic considerat.

Relația menționată constituie un criteriu accesibil determinării dozelor de gunoi de grajd clasic, fiind mai puțin utilă stabilirii dozelor de nămoluri provenite din zootehnie sau de la epurarea apelor uzate orășenești. Cantitățile de N, P și K ce devin accesibile plantelor în primul an după aplicarea în sol variază evident funcție de felul îngrășămîntului organic, de cultura la care s-a aplicat îngrășămîntul, de condițiile de umiditate și aerație favorabile descompunerii, de momentul aplicării și de alți factori (vezi și subcap. 5.9 și 8.4). Referitor la durata efectului, pot fi

Scanned with OKEN Scanner

utilizate datele menționate în tabelul 7.4, considerînd că la gunoiul clasic efectul se extinde pe o perioadă de 3 ani.

Tabelul 7.4

Cantități medii de N, P și K accesibile plantelor din gunoiul de grajd în anii *1*, *2* și *3* după aplicarea în sol, kg/tonă (după C a l a n c e a, 1977)

Anul de la aplicare	Sol nisipos-lutos			Sol lutos			Sol argilos		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1	1,5	1,0	3,0	1,2	1,0	2,5	1,0	1,0	2,5
2	1,0	1,0	2,0	1,0	0,8	1,5	1,5	0,6	2,0
3	0,5	0,2	0,5	0,8	0,2	0,1	0,5	0,4	1,0
Total	3,0	2,2	5,5	3,0	2,0	5,0	3,0	2,0	5,5
Diferența	2,0	0,3	0,5	2,0	0,5	1,0	2,0	0,5	0,5
Total general	5,0	2,5	6,0	5,0	2,5	6,0	5,0	2,5	6,0

La culturile de cîmp, la cele pomicole și viticole fertilizarea organică se face în funcție de preferințele acestora, ținînd cont și de faptul că producția de îngrășăminte organice satisface numai parțial nevoile agriculturii. S-au stabilit următoarele grupe de priorități privind culturile ce beneficiază de efectul direct al îngrășămintelor organice:

1) cartof, tomate, castraveți, dovlecei, conopidă, ardei, vinete (la culturile legumicole se recomandă gunoi bine fermentat);

2) sfeclă de zahăr și furajeră, porumb boabe, porumb siloz și porumb masă verde, lucernă la înființare, iarbă de Sudan, floarea-soarelui, tutun;

3) cereale păioase, cînepă pentru tulpini, in.

Legumele cultivate în cîmp (ardei, varză, tomate, pătlăgele vinete, conopidă, dovlecei), școlile de viță, la desfundare și plantațiile de portaltoi, pepinierele pomicole sînt incluse tot în prima grupă, iar plantațiile de viță de vie pe rod și pomii fructiferi fac parte din grupa a doua.

7.3.2. STABILIREA DOZELOR DE ÎNGRĂȘĂMINTE PE BAZA ECUAȚIILOR DE TIP MITSCHERLICH

Optimizarea dozelor de îngrășăminte în scopul obținerii producției scontate implică aplicarea în sol a unor cantități de substanță activă care să satisfacă necesarul plantelor și să evite fenomenele de poluare a apelor freatice sau de alterare a calității recoltelor. Ecuația formulată de M i t s c h e r l i c h și altele de același gen care exprimă legea acțiunii factorilor de vegetație, pot fi utilizate în scopul stabilirii cantității de substanță activă aplicabilă solului ca îngrășămînt, astfel încît dozele să satisfacă din punct de vedere economic și să țină cont de însușirile agrochimice ale solului, în primul rînd de conținutul în elemente nutritive aflate în forme ușor accesibile.

Ecuația 6.8 poate fi scrisă astfel:

$$\lg (A - y) = \lg A - c_1 b - c_2 x, \qquad (7.6)$$

în care:

A, y și x au aceleași semnificații menționate, b este conținutul solului în factorul studiat (exemplu, P și K forme solubile în reactivul acetat-lactat de amoniu etc), c_1 este un coeficient ce exprimă eficiența factorului b (se determină experi-

mental), iar c_2 arată eficiența îngrășămîntului aplicat solului. Doza de îngrășămînt se poate stabili scriind ecuația 7.6 astfel:

$$x = [\lg A - \lg(A - y) - c_1 b] : c_2, \text{ kg s.a./ha.} \qquad (7:7)$$

Dificultatea cea mai mare constă în stabilirea corectă a celor doi coeficienți pentru fiecare areal de soluri dintr-o zonă fitoclimatică. În această privință s-au făcut numeroase încercări, soldate nu întotdeauna cu rezultate satisfăcătoare.

În ultimii ani, folosind numeroase date experimentale obținute în diverse zone fitoclimatice, ținînd cont de nevoile speciilor de plante în substanțe nutritive pentru asigurarea recoltelor scontate, de rezervele solului în asemenea elemente, de folosirea economică a îngrășămintelor în cazul întreprinderilor agricole (maximizarea venitului), s-a încercat perfecționarea procedeelor de calcul, pornind de la *ecuațiile de tip Mitscherlich-Bray, Spillman* sau altele utilizate în scopul demonstrării legii acțiunii factorilor de vegetație

Ecuația Mitscherlich-Bray în forma propusă de Black:

$$y = Rm(1 - e^{-c(Es + Ei)}), \qquad (7.8)$$

în care:

Rm este recolta maximă posibilă; *e* — baza logaritmilor naturali (*e* =2,718 ...); *c* — coeficienți de acțiune a elementului nutritiv din îngrășămîntul aplicat solului *(cî)* și din forma accesibilă plantelor existentă în sol *(cs)*; *Es* — aportul cantitativ de substanțe nutritive din sol (kg, N, P_2O_5 sau K_2O/ha); *Eî* — aportul cantitativ de substanțe nutritive din îngrășămintele aplicate solului (N, P_2O_5 sau K_2O, kg/ha), aplicînd această ecuație la studiul rezultatelor din experiențe cu îngrășăminte efectuate în țara noastră, s-a ajuns la formularea ecuațiilor (7.9) și (7.10) (Borlan și Hera, 1984):

$$DOE, \text{ kg N, } P_2P_5 \text{ sau } K_2O/\text{ha} = \frac{\lg\left[2{,}3\ Ce \cdot Rs \dfrac{VURp}{CUi}\right] - Ce \cdot Es}{Ce}, \qquad (7.9)$$

în care s-a admis că recolta scontată (*Rs*) se situează în imediata apropiere a recoltei maxime posibile (*Rm*); *Ce* reprezintă coeficienții de acțiune utilă a elementelor nutritive din sol (C_N pentru azot, C_P pentru fosfor și C_K pentru potasiu); *VURp* — prețul de desfacere a produsului principal (lei/kg); *CUî* — costul îngrășămintelor pe unitatea de substanță activă (lei/kg); *Es*— aportul cantitativ de substanțe nutritive din sol, în cazul leguminoaselor și de N fixat simbiotic, valorile *Es* fiind exprimate în kg N, P_2O_5 sau K_2O/ha și devenind *EsN*, *EsP* și *EsK*.

În cazul cînd alături de produsul principal *p* se valorifică și produsul secundar *s*, formula 7.9 devine:

$$DOE, \text{ kg N, } P_2O_5 \text{ sau } K_2O/\text{ha} = \frac{\lg\left[2{,}3\ Ce \cdot Rs \cdot \dfrac{VURp\text{-}b \cdot VURs}{CUi}\right] - Ce \cdot Es}{Ce} \qquad (7.9, a)$$

b fiind cantitatea de produs secundar ce revine la 1 kg produs principal, iar *VURs* — prețul de desfacere a produsului secundar (lei).

$$DOE, \text{ kg N, } P_2O_5 \text{ sau } K_2O/\text{ha} = A(1 - 10^{-b \cdot Rs}), \qquad (7.10)$$

în care *A* și *b* sînt parametri ai curbelor de răspuns a culturilor la aplicarea îngrășămintelor. Recolta scontată *Rs* se stabilește pe baza notelor de bonitare. Relația (7.10) descrie o curbă cu convexitatea în sus, ce tinde către un plafon maxim fără a avea un segment coborîtor.

Scanned with OKEN Scanner

Estimarea cantităților de substanțe nutritive ce provin din sol (Es) se face în funcție de însușirile agrochimice ale solului (IA) și de mărimea recoltelor scontate (planificate):

$$Es, \text{ kg N, } P_2O_5 \text{ sau } K_2O/\text{ha} = (a + b)(IA) - c(IA)^2 + d\,Rs \qquad (7.11)$$

$$Es, \text{ kg N, } P_2O_5 \text{ sau } K_2O/\text{ha} = A(1 - 10^{-cIA}) + dRs, \qquad (7.12)$$

$$Es, \text{ kg N, } P_2O_5 \text{ sau } K_2O/\text{ha} = a - \frac{b}{IA} + dRs, \qquad (7.13)$$

în care:

IA reprezintă indicii agrochimici ai solului exprimați cantitativ la hectar, A — cantitatea maximă de element nutritiv obținut din rezerva solului, iar a, b, c și d sînt coeficienți de regresie estimați prin metoda celor mai mici pătrate (tabelul 7.5).

Coeficienții de acțiune utilă (Ce)) a elementelor nutritive rezultă din relația:

$$Ce = a + \frac{b}{Rs} \qquad (7.14)$$

Valorile a și b din ecuația (7.14), stabilite experimental, variază în funcție de cultură și de felul elementului (tabelul 7.6).

Exemplu de calcul. Se cere stabilirea dozei de îngrășăminte cu azot (formula 7.10), aplicabile la grîul de toamnă cultivat pe un sol ce conține 4% humus ($H\%$) și grad de saturație cu baze $V\% = 90$, pentru o recoltă scontată $Rs = 7\,000$ kg boabe la hectar, costul îngrășămintelor $CUi = 3$ lei/1 kg N; prețul de vînzare a grîului, $VURp = 1$ leu/1 kg boabe. Restul factorilor de vegetație sînt la niveluri optime.

Rezolvare:

$$I_N = H \cdot V/100 = 4{,}0 \times 0.90 = 3{,}60;$$

Es, kg N/ha $= 24{,}5 \cdot 3{,}6 - 2{,}41(3{,}6)^2 + 0{,}0015 \cdot 7000 = 67{,}4664$; coeficienții $a + b = 24{,}5$; $c = 2{,}41$ și $d = 0{,}0015$ s-au extras din tabelul 7.5.

$$Ce = 0{,}006 + (12 : 7\,000) = 0{,}007714,$$

coeficienții $a = 0{,}006$ și $b = 12$ fiind obținuți din tabelul 7.6;

$$DOE \text{ kg N/ha} = \frac{\lg[2{,}3 \cdot 0{,}007714 \cdot 7\,000(1:3)] - 0{,}007714 \cdot 67{,}4664}{0{,}007714};$$

$$DOE, \text{kg N/ha} = \frac{1{,}617 - 0{,}487592}{0{,}007714} = 146 \text{ kg N/ha.}$$

A fost introdusă și noțiunea de „doză de îngrășămînt optimă din punct de vedere tehnic" (DOT) corespunzătoare recoltei maxime, spre deosebire de doza optimă din punct de vedere economic care asigură recolta scontată (R_s) și maximizarea venitului la unitatea de suprafață, ceea ce înseamnă că valoarea sporului de recoltă este echivalentă costului îngrășămintelor ce au contribuit la realizarea lui.

La culturile pomicole, viticole și de legume cultivate în cîmp, cheltuielile ocazionate de procurarea și aplicarea îngrășămintelor ocupă o pondere mai scăzută în totalul cheltuielilor tehnologice prin comparație cu culturile de cîmp, de aceea diferențele dintre dozele optime tehnic (DOT) și cele optime din punct de vedere economic (DOE) sînt neînsemnate, în asemenea condiții luîndu-se în considerare așa-numitele „doze optime din punct de vedere experimental" ($DOExp$), a căror mărime se calculează plecînd de la relația 7.10 considerînd că circa 1/2 din necesarul elementelor pentru formarea recoltei integrale (inclusiv masa vegetală subterană) se asigură din rezerva solului, restul trebuind asigurat prin aplicarea de îngrășăminte. Relația ce permite calculul poate fi scrisă astfel (Borlan și Hera, 1982):

$$DOExp, \text{ kg N, } P_2O_5 \text{ sau } K_2O/\text{ha} = A(1 - 10^{-c \cdot Rs})\left(a + \frac{b}{IA}\right) \qquad (7.15)$$

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.5

Valorile coeficienților $(a + b)$, c și d din ecuațiile (7.11) și (7.12) pentru estimarea cantităților de substanță activă (Es) ce provin din sol (după ICPA-București, 1982)

Cultura	*EsN*			*EsP*			*EcK*		
	$(a+b)$	c	d	$(a+b)$	c	d	$(a+b)$	c	d
Griu de toamnă	24,5	2,41	0,0015	137*	0,018	0,0045	180*	0,00362	0,003
Orz de toamnă	24,5	2,41	0,0022	120*	0,01	0,004	175*	0,005	0,001
Porumb pentru boabe	115,0*	0,13	0,003	28+105*	0,0136	0,004	102	0,0609	0,004
Soia pentru boabe	130,0*	0,19	0,024	150*	0,03	0,0045	180*	0,0052	0,008
Sfeclă de zahăr	32	2,5	0,00043	35*	0,0024	0,00028	155	0,0054	0,00034
Cartof de toamuă	50	5,0	0,00036	160*	0,0185	0,0006	210*	0,00446	0,002
Lucernă pentru fin (anii 2–4)	80	3,2	0,003	145*	0,0155	0,003	140*	0,005	0,001
Porumb siloz, cultură principală	55	6,88	—	28+2,6	0,15	0,00086	1,02	0,001	0,00057
Sfeclă furajeră	32	2,5	0,00023	76*	0,0209	0,00028	155*	0,00543	0,0005

* valori pentru ecuația (7 12); ** Restul sînt valori pentru ecuația (7.11)

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.6

Valorile parametrilor *a* şi *b* din ecuaţia (*7.14*) pentru stabilirea coeficienţilor de acţiune *Ce* a elementelor N, P şi K din sol şi din îngrăşăminte (după ICPA-Bucureşti, *1981*)

Cultura	C_N		C_P		C_K	
	a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
Grîu de toamnă	0,006	12	0,004	14,0	0,0047	17,5
Orz de toamnă	0,0062	14	0,0032	19,8	0,0047	14,0
Porumb boabe	0,003	25,2	0,005	15,0	0,0035	20,0
Floarea-soarelui	0,007	4,8	0,002	19,2	0,004	16,0
Sfeclă de zahăr	0,0036	189	0,0045	510,0	0,0065	140,0
Cartof de toamnă	0,006	62,5	0,006	100,0	0,0042	115,0
Cartof timpuriu	0,0085	44	0,007	70,0	0,0052	64,0
In fuior	0,0095	15	0,008	10,0	0,0055	25,0
Cînepă tulpini	0,008	10,5	0,009	40,0	0,003	30,0
Lucernă fin	0,003	72	0,005	15,0	0,007	21,0
Pajişti naturale, masă verde	0,0025	32	0,0035	214,0	0,006	108,0
Graminee perene pentru fin	0,002	25	0,0035	60,0	0,0033	54,0
Mazăre furajeră boabe	0,011	5	0,0072	5,0	0,006	6,0
Porumb siloz, cultură principală	0,003	175	0,003	105,0	0,0035	140,0
Sfeclă furajeră	0,0036	189	0,0045	510,0	0,0065	140,0

în care termenul din dreapta reprezintă necesarul optim experimental (*NOExp*) de substanţe nutritive pentru obţinerea recoltei scontate *Rs*, ţinînd seama de aportul solului în acele substanţe. Valoarea *A* reprezintă plafonul maxim spre care tinde *NOExp* total la valori foarte mari ale *Rs*, iar *a*, *b* şi *c* sînt parametri ai regresiei stabiliţi experimental (tabelul 7.7) în funcţie de cultură şi elementul nutritiv considerat.

Tabelul 7.7

Valorile coeficienţilor din ecuaţia (*7.15*) pentru stabilirea dozei de îngrăşămînt la culturi legumicole, plantaţii de viţă de vie şi pomi (ICPA-Bucureşti, *1981*)

Cultura şi elementul (kg/ha)		Parametrii ecuaţiei			
		a	*b*	*A*	*c*
Ardei	N	0,87	0,40	145	0,0225
	P_2O_5	0,75	14,0	90	0,237
	K_2O	0,75	120,0	110	0,0215
Varză de vară	N	0,87	0,40	150	0,0148
	P_2O_5	0,75	14,0	155	0,0169
	K_2O	0,75	120,0	105	0,0186
Măr, păr, prun, piersic (teren mecanizabil)	N	0,92	0,23	140	0,0281
	P_2O_5	0,40	15,0	110	0,0495
	K_2O	0,80	40,0	200	0,0414
Viţă de vie pe rod	N	0,92	0,23	122	0,058
	P_2O_5	0,40	15,0	170	0,058
	K_2O	0,80	40,0	205	0,06
Şcoli de viţe altoite	N	0,92	0,23	50	0,0138
	P_2O_5	0,40	15,0	75	0,0144
	K_2O	0,80	40,0	40	0,0167

Scanned with OKEN Scanner

Mărimea dozelor de îngrășăminte stabilite cu ajutorul ecuațiilor (7.9), (7.10) și (7.15) se corectează funcție de faptul dacă s-au aplicat și îngrășăminte organice la cultura actuală, la cultura premergătoare sau la antepremergătoare.

Valorile coeficienților din ecuațiile de mai sus sînt evident afectate, în cazul fiecărei specii, de caracteristicile biologice ale soiului, hibridului sau varietății, de densitatea plantelor la hectar, de forma chimică sub care este utilizat îngrășămîntul și de metoda de aplicare, de alte însușiri fizico-chimice ale solului decît cele luate în calcul (textură, pH, optimizarea altor elemente nutritive, aerisire etc.), de condițiile pluviometrice ale anului, astfel încît trebuie acceptat că se obțin valori orientative pentru dozele de îngrășăminte ce trebuie aplicate. Tentativa corectării dozelor după acest procedeu pentru plantații de viță de vie sau pomi fructiferi funcție de rezultatele analizei foliare, rămîne un auxiliar necesar în sensul corectării raporturilor neechilibrate dintre diversele elemente nutritive, prin aplicarea de îngrășăminte.

7.3.3. CALCULUL TEORETIC AL DOZELOR DE ÎNGRĂȘĂMINTE PRIN METODA BILANȚULUI

Se cunosc mai multe variante ale acestui procedeu. În principiu doza de îngrășămînt rezultă din diferența între necesarul de substanțe nutritive pentru formarea recoltei scontate și cantitatea de element ce poate fi luată de plante din rezervele solului.

Calculul dozelor de îngrășăminte cu azot. Se urmărește stabilirea unei doze care să permită obținerea producției medii probabile calculată pe baza notei de bonitare:

$$\text{N, P, K, kg/ha} = \frac{100(Rs \cdot Cs) - (B \cdot C_1)}{C_2} \cdot F \qquad (7.16)$$

în care:

100 reprezintă limita superioară (100%) de utilizare a elementului de către recolta scontată; Rs — recolta scontată, t/ha; Cs — consumul specific de N, în kg/t (tabelul 7.8); B — conținutul solului în elementul respectiv ($x \cdot 30$ = kg N, P sau K/ha, în care: x = mg N, P_2O_5 sau K_2O/100 g sol, iar 30 = coeficient de transformare a mg N, P_2O_5 sau K_2O/100 g sol în kg/ha); C_1 — coeficient de utilizare a elementului din rezerva solului; C_2 — coeficient de utilizare a elementului din îngrășămîntul aplicat solului (tabelul 7.9); F — factor de corecție ales în funcție de condițiile pedoclimatice.

Coeficientul de utilizare a elementelor nutritive din sol, forme ușor accesibile plantelor, este procentul de element utilizat de plante în cursul perioadei de vegetație raportat la cantitatea totală ce se găsește sub forma accesibilă înainte de însămînțare. Formula de calcul pentru acest coeficient (C_1) este:

$$C_1\% \text{ (N, P, K)} = \frac{A \cdot B \cdot 100}{C \cdot 30}, \qquad (7.17)$$

în care:

A este producția pe sola nefertilizată exprimată în t/ha; B — consumul specific din elementul luat în calcul, kg/t; C — conținutul solului în elementul nutritiv sub forma accesibilă plantelor, mg/100 g sol; 30 — coeficient de transformare a mg/100 g sol, în kg/ha.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.8

Consumul specific de N, P, K și Mg la cîteva specii de plante cultivate

Cultura	Consumul, kg pe	N	P_2O_5	K_2O	MgO
Grîu de toamnă	1 t boabe + paie	25—35	10—14	20—25	2—5
Secară	1 t boabe + paie	20—30	10—15	20—30	2—5
Orz	1 t boabe + paie	20—25	8—12	20—30	2—4
Ovăz	1 t boabe + paie	20—30	10—15	30—40	3—5
Porumb boabe	1 t boabe + strujeni	25—30	10—15	30—40	6—10
Mazăre	1 t boabe + lujeri	55—65	15—20	30—40	4—8
Fasole	1 t boabe + lujeri	60—65	15—20	40—50	5—10
Lupin	1 t boabe + tulpini	70—80	15—20	40—50	8—12
Rapiță	1 t boabe + tulpini	50—60	25—35	60—70	7—12
Cartof timpuriu	10 t tuberculi + lujeri	50—60	20—25	800—100	10—20
Cartof tîrziu	10 t tuberculi + lujeri	45—55	15—20	75—90	8—15
Sfeclă de zahăr	10 t rădăcini + frunze	45—55	15—20	65—100	10—20
Sfeclă furajeră	10 t rădăcini + frunze	20—30	8—12	70—90	8—12
Lucernă, trifoi	1 t fîn	20—30	5—10	20—25	2—6
Ierburi perene	10 t masă verde	45—55	12—15	60—70	5—7
Secară furajeră	10 t masă verde	40—50	10—15	55—65	4—6
Porumb siloz	10 t masă verde	25—35	15—20	35—45	5—10
Tutun	1 t frunze	20—30	3—5	30—60	2—8
Pășune	1 t fîn	15—20	5—10	25—30	6—8

Tabelul 7.9

Coeficienți de utilizare (%) a azotului și fosforului din îngrășăminte la grîu și porumb (după Crișan, 1974)

Denumirea tipului de sol	Grîu						Porumb					
	Coeficienți de utilizare la aplicarea dozelor:						Coeficienți de utilizare la aplicarea dozelor:					
	$N_{50}P_{40}$		$N_{100}P_{80}$		$N_{150}P_{120}$		$N_{50}P_{40}$		$N_{100}P_{80}$		$N_{150}P_{120}$	
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Cernoziomuri freatic umede	70	15	52	13	44	10	58	28	45	12	25	8
Cernoziomuri levigate freatic umede	24	5	42	5	26	2	55	21	24	14	18	7
Cernoziomuri levigate	20	4	32	9	24	4	32	1	28	11	24	4
Sol brun de pădure	27	5	18	4	13	2	62	6	31	12	29	4
Sol podzolic pseudogleizat	36	8	29	8	25	8	58	10	40	8	30	6
Lăcoviște cernoziomică	32	17	35	9	25	7	78	14	38	10	46	10

Scanned with OKEN Scanner

Coeficientul de utilizare a substanței active din îngrășămintele aplicate solului (C_2) reprezintă procentul de substanță activă utilizată de plante. Valoarea acestui coeficient depinde de cultură, de felul îngrășămîntului și de tipul de sol (vezi tabelul 7.9). Coeficientul C_2 se calculează cu formula:

$$C_2\% = \frac{a - b}{C} \cdot 100, \qquad (7.18)$$

în care:

a este cantitatea de element extrasă de recoltă în varianta fertilizată (kg/ha); *b* — cantitatea de element extras de recoltă în varianta nefertilizată (kg/ha); *C* — doza de element activ din îngrășămîntul introdus în sol (kg/ha); 100 — exprimare procentuală.

Dozele calculate ca mai sus se corectează în funcție de factorii următori:

Azotul provenit din mineralizarea humusului (*Nh*). Luînd în considerare rezerva de humus a solului (*H*), conținutul lui în azot (3,5—5%) și coeficientul de mineralizare a humusului (*Cm*), se poate obține formula după care se calculează N eliberat anual din humus:

$$\text{N din humus, kg/ha} = \frac{H \cdot Cm \cdot Nh}{10}, \qquad (7.19)$$

în care:

H. rezerva de humus = (% humus × greutatea stratului arabil, t/ha); *Cm* = = 0,012 pentru neprășitoare și 0,018 pentru prășitoare, iar *Nh* are valori între 3,5—5%.

Azotul provenit din precipitații atmosferice (*N prec.*) se calculează cu formula:

$$N_{prec}(\text{kg/ha}) = V_p \cdot 0{,}02, \qquad (7.20)$$

în care:

V_p reprezintă grosimea stratului de precipitații, în mm/an;

0,02 — valoare ce exprimă azotul mineral adus din atmosferă, socotind la fiecare 100 mm precipitații 2 kg N/ha.

Azotul provenit din activitatea bacteriilor nesimbiotice fixatoare de azot (*Nfb*). Activitatea acestor bacterii depinde de temperatură, de conținutul solului în humus, de aportul anual de materie organică proaspătă, de umiditate, aerație etc. În condiții normale de umiditate, de aerație și de temperatură peste 8°C; se calculează în medie 0,2—0,3 kg N/zi. În cursul unei perioade de vegetație, solul va primi o cantitate suplimentară de azot mineral asimilabil:

$$\text{Cantitatea de N, kg/ha} = Z \cdot 0{,}25, \qquad (7.21)$$

în care:

Z este numărul de zile cu temperatura medie peste 8°C, în cursul perioadei de vegetație a culturii; 0,25 — media cantității de N fixat zilnic, kg/zi.

Azotul provenit din activitatea bacteriilor simbiotice (*Nfs*). Cantitatea de N provenit în sol pe această cale este variabilă, datele din literatură fiind extrem de optimiste. Se dau valori, de exemplu, de 280 kg N/ha la lucernă, 170 kg N/ha la trifoi, 100 kg N/ha la soia, 65 kg N/ha la fasole și 60 kg N/ha la mazăre. Din cantitatea totală de azot fixat de bacteriile simbiotice, cultura următoare poate utiliza numai 20—35%.

Leguminoasele furajere perene fixează cantități mai mari de azot comparativ cu cele cultivate pentru boabe.

Azotul rezidual provenit din resturile culturii premergătoare, alcătuite din frunze, rădăcini, tulpini etc., se stabilește considerînd că în sol rămîne circa 15%

Scanned with OKEN Scanner

din masa vegetală a plantelor neleguminoase și 35% la leguminoase. Formula după care se calculează azotul rezidual *(Nrez)* este:

$$Nrez = Ppr \cdot Cs \cdot Cr, \qquad (7.22)$$

în care:

Ppr este producția reziduală de plante; *Cs* — consumul specific de azot al culturii; *Cr* — coeficient de valorificare a azotului din resturile de plante, 0,15 pentru specii neleguminoase și 0,35 pentru leguminoase.

În cazul încorporării miriștii se ia în considerare deficitul de 10—20 kg N/ha consumat de microorganismele ce descompun glucidele complexe din miriște.

Azotul provenit din îngrășămintele organice (Ng). Se ia în considerare conținutul mediu al gunoiului de grajd de 0,5% N; 0,25% P_2O_5 și 0,6% K_2O, precum și efectul în timp, care se manifestă semnificativ o perioadă de 3 ani (vezi tabelul 7.4.).

Diferențele de N, P_2O_5 și K_2O față de conținutul inițial al gunoiului de grajd în elemente nutritive rezultă din faptul că acestea nu pot fi valorificate în întregime iar efectul din anii 4,5 etc. este neglijabil.

Doza de îngrășământ calculată cu relația 7.16 se micșorează cu următoarele valori, funcție de anul aplicării gunoiului fermentat:

— aplicat la antepremergătoare — 0,5 kg N/t de gunoi;
— aplicat la premergătoare — 1,0 kg N/t de gunoi;
— aplicat la cultura actuală — 1,5 kg N/t de gunoi.

În cazul aplicării gunoiului proaspăt, doza de azot se micșorează cu următoarele cantități de azot:

— aplicat la premergătoare — 0,5 kg N/t de gunoi;
— aplicat la cultura actuală — 1,0 kg N/t de gunoi.

Azotul levigat (Nl). Se consideră forma NO_3, care are mobilitate ridicată. Se apreciază că din stratul de răspîndire a rădăcinilor se levigă cantități de azot în limitele înscrise în tabelul 6.8.

Rezerva totală a solului în azot utilizabil (*R*) de către plante în anul considerat va fi:

$$R, \text{ kg N/ha} = Nh + Nfb + Nfs + Npr + Nrez + Ng - Nl. \qquad (7.23)$$

Valoarea obținută prin relația de mai sus servește la corectarea dozei teoretic calculată.

Calculul dozelor de îngrășăminte cu fosfor. Se folosește aceeași formulă (7.16) menționată la calculul dozelor de îngrășăminte cu azot. Valoarea *B* se exprimă în mg P_2P_5/100 g sol, iar C_2 se consideră potrivit datelor din literatură (tabelul 7.9).

Corectarea dozelor de îngrășăminte cu fosfor se face în funcție de *p*H-ul solului și de faptul dacă s-a aplicat și gunoi de grajd. La corectarea funcție de *p*H-ul solului, rezultatul calculului se înmulțește cu coeficientul de corecție *F* (tabelul 7.10). Se are în vedere că la *p*H 6,2, fosfații din sol se găsesc într-un grad ridicade solubilitate. La *p*H peste 6,2 crește formarea de fosfați terțiari de calciu insolubili în apă, iar la *p*H sub 6,2 se formează fosfați bazici de fer și aluminiu, greu solubili.

Corectarea dozelor de P_2O_5 în funcție de aplicarea gunoiului de grajd se face ținînd cont de datele tabelului 7.4.

Tabelul 7.10

Coeficienți de corecție (*F*) a dozelor de P_2O_5 în funcție de reacția solului
(după C a l a n c e a, 1984)

*p*H	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6	7,0	7,8	8,2	8,6
F	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

Scanned with OKEN Scanner

Calculul dozelor de îngrășăminte cu potasiu. Se folosește relația (7.16) menționată la stabilirea dozelor de azot. Corectarea dozelor astfel stabilite se face funcție de aplicarea gunoiului de grajd (vezi tabelul 7.4) și de conținutul solului în carbonați. În ultimul caz, se apreciază că doza trebuie mărită cu 30 kg K_2O/ha cînd solul conține $CaCO_3$ liber începînd de la suprafață și cu 20 kg K_2O/ha cînd carbonații liberi apar începînd de la 20 cm adîncime.

7.3.4. STABILIREA DOZELOR DE ÎNGRĂȘĂMINTE CU AZOT PE BAZA FORMELOR MINERALE (N_{min}) EXISTENTE ÎN SOL

Capacitatea solului de a furniza azot în forme minerale utilizabile de către plante depinde de o multitudine de factori naturali sau antropici, care variază evident de la un an la altul și în același an. Tentativa de apreciere a acestei însușiri pe căi indirecte, pe baza cunoașterii conținutului de humus, textură, grad de saturație cu baze, comparația cu rezultate obținute în experiențe, este considerată de unii specialiști insuficientă. De aceea s-a propus precizarea dozelor de îngrășăminte cu azot prin măsurători directe asupra conținutului solului în forme minerale de azot ($NH_4^+ + NO_3^-$).

Procedeul propus de Scharpf și Wehrmann (1976; 1977; 1979) se bazează pe dozarea NO_3^- și NH_4^+ la începutul vegetației în întregul strat de sol în care se află distribuită principala masă de rădăcini a plantelor cultivate (0—40 cm la culturi de cîmp sau 0—100 cm la culturi pomi-viticole). Cantitățile de azot mineral astfel determinate constituie rezerva solului (N_{min}), ea trebuind să fie completată prin îngrășăminte industriale pînă la o „valoare necesară" obținerii recoltei scontate. Metoda este susținută prin date experimentale. La grîul de toamnă, valoarea pentru N mineral constatată primăvara înainte de începerea vegetației trebuie completată pînă la „valoarea necesară" obținerii recoltei scontate. Mărimea dozei aplicabile se stabilește prin diferența între consumul de azot necesar formării recoltei scontate (planificate) și cantitatea de N mineral existent în stratul de sol cu distribuția maximă a rădăcinilor. Se ține seama și de coeficientul de valorificare de către plante a azotului introdus ca îngrășămînt mineral în sol (40—70% din N total introdus). Verificări experimentale au dus la concluzia că la grîul de toamnă și la cartof cultivate pe soluri cenușii de pădure, dozele aplicabile corespund celor din tabelul 7.11.

Tabelul 7.11

Doze optime de îngrășăminte cu azot pentru obținerea recoltelor planificate la grîu și cartof, funcție de conținutul inițial de N mineral în stratul 0—40 cm (după Nikitișen, 1985, pentru soluri cenușii de pădure)

Recolta planificată q/ha	Export de N cu recolta kg/ha	Doze de N (kg/ha) în funcție de conținutul solului în N mineral (NO_3^- + NH_4^+), mg N/100 g sol					
		72—96	96—120	120—144	144—168	168—192	192—216
1	2	3	4	5	6	7	8
Grîu de toamnă							
40	111	50	25	—	—	—	—
45	129	75	50	30	20	—	—
50	147	100	75	55	40	25	20
55	164	125	100	80	65	50	40
60	182	150	125	105	90	75	65
65	200	175	150	130	115	100	90

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.11. (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
			Cartof				
200	90	30	—	—	—	—	—
250	120	60	30	20	—	—	—
300	149	90	60	45	35	30	20
350	178	120	100	80	70	60	50
400	209	160	140	120	100	90	80

Aplicarea unor cantități superioare „valorilor necesare" de azot nu sporesc mai mult recolta.

Procedeul de calcul are avantajul că ține seama de remanența îngrășămintelor aplicate în anul precedent, insuficient valorificate de către plante dacă vremea a fost secetoasă.

În livezile de măr, „valorile necesare" de N mineral în benzile erbicidate dintre rînduri pot fi considerate, cu aproximație, 70—80 kg N/ha, iar la vișin 100—120 kg N/ha. La vița de vie rezultatele în această privință au fost mult mai puțin concludente (Müller și Bucher, 1981).

7.3.5. STABILIREA DOZELOR DE ÎNGRĂȘĂMINTE PE BAZA REZULTATELOR EXPERIENȚELOR ÎN CONDIȚII DE CÎMP

Este cel mai exact procedeu întrucît rezultatele corespund condițiilor locale sau regionale de sol și de climă. De obicei, datele obținute din cîmpurile experimentale ale stațiunilor de cercetări agricole sînt extrapolate la condițiile din zona învecinată. Dificultatea ce poate apare se referă la faptul că se neglijează starea de aprovizionare a solului cu elemente ușor accesibile plantelor, care variază evident de la o întreprindere la alta și chiar pe solele din aceeași întreprindere. Din punct de vedere practic, coroborarea variantelor de stabilire a dozelor de îngrășăminte pe baza indicilor agrochimici cu rezultatele experimentale din condiții de cîmp, pare a oferi concluziile cele mai corespunzătoare.

Experiențele staționare cu doze crescînde de îngrășăminte furnizează informații cu privire la interpretarea datelor privind aprovizionarea solului cu forme accesibile de elemente minerale. Folosind datele analizelor de sol, dozele de îngrășăminte aplicate și efectul acestora asupra sporului de recoltă exprimat în valori relative, se poate reprezenta grafic corelația dintre variabile trasînd o curbă pe care se pot separa trepte (clase) de interpretare privind asigurarea solului cu acel element (fig. 7.4).

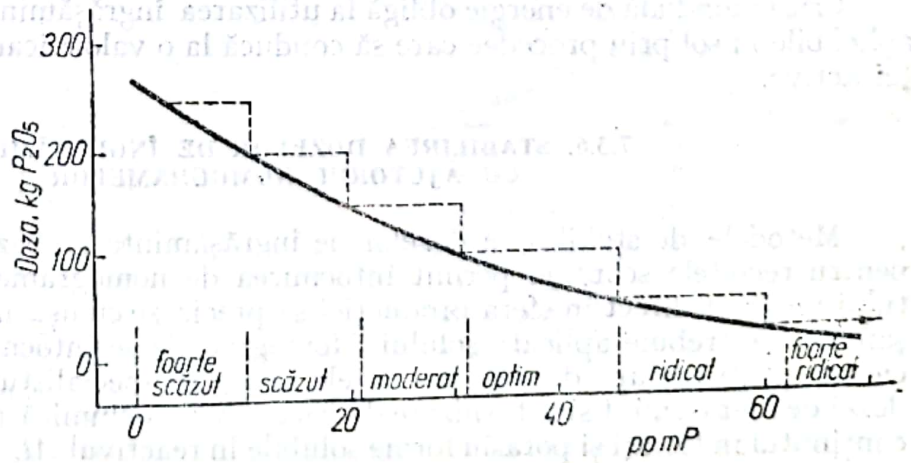


Fig. 7.4. Corelația între fosforul din sol solubil în apă și optimul de îngrășăminte cu fosfor la cartof (după Ris și Van Luit, 1973).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.12

Limite privind starea de aprovizionare a solului cu elemente nutritive în funcție de nivelul recoltei și nevoia aplicării îngrășămintelor

Starea de aprovizionare a plantelor	Recolta	Nevoia de îngrășăminte
Insuficiență severă	Scăzută	Foarte ridicată, se cer măsuri auxiliare
Insuficiență moderată	Moderată	Doză cu 50% peste normală
Aprovizionare optimă	Ridicată	Doză normală, echivalentă exportului de substanțe nutritive
Abundență	Ridicată	Doză scăzută la 1/2 sau mai puțin față de normală
Exces incipient	Moderată	Nu este nevoie de îngrășăminte
Exces moderat	Scăzută	Se cer măsuri de eliminarea efectelor excesului

Ținînd seama de consumul specific mediu, se poate aprecia apoi domeniul în care se încadrează doza de îngrășămînt ce trebuie aplicată solului (tabelul 7.12). Consumul specific de N, P și K determinate experimental variază evident funcție de nivelul recoltei, fiind mai ridicat în cazul azotului și potasiului la recolte scăzute și invers (fig. 7.5).

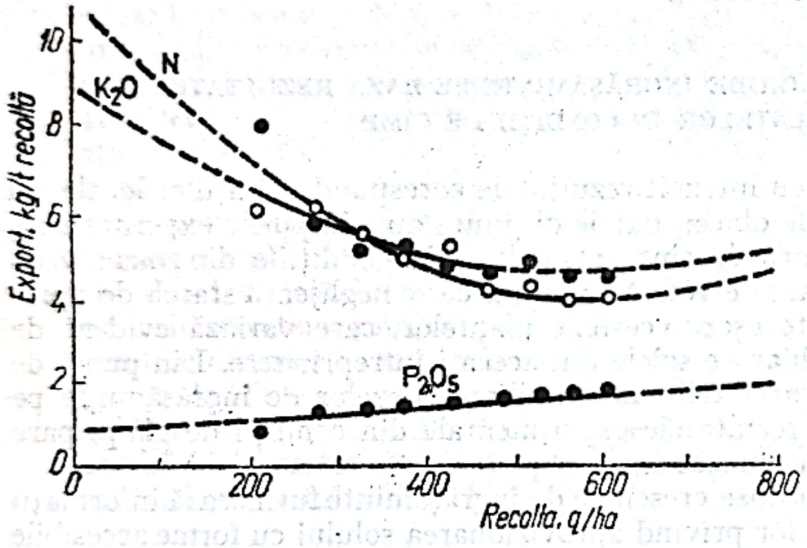


Fig. 7.5. Corelația între mărimea recoltei și aportul de substanțe nutritive la o tonă de rădăcini sfeclă de zahăr (după Barvincienko și colab., 1977).

Pentru zone fizico-geografice pot fi întocmite tabele, cu ajutorul cărora, în funcție de conținutul solului în fosfor, se stabilesc dozele de îngrășăminte pe grupe de culturi. Asemenea tabele se elaborează ținînd seama de faptul că pentru creșterea conținutului solului cu 1 mg P_2O_5/100 g sol trebuie să se aplice 15—20 kg P_2O_5/ha sub formă de îngrășămînt (Ceapoiu și colab., 1975).

Criza mondială de energie obligă la utilizarea îngrășămintelor în doze economice, aplicabile în sol prin procedee care să conducă la o valorificare superioară a substanței active.

7.3.6. STABILIREA DOZELOR DE ÎNGRĂȘĂMINTE CU AJUTORUL NOMOGRAMELOR

Metodele de stabilire a dozelor de îngrășăminte pe bază de indici agrochimici pentru recoltele scontate permit întocmirea de nomograme, ce pot servi specialistului implicat direct în sfera producției să precizeze cu ușurință cantitățile de îngrășăminte ce trebuie aplicate solului. Nomogramele se întocmesc pentru fiecare specie sau pentru grupe de culturi. Datele necesare specialistului în vederea stabilirii dozei de îngrășămînt sînt furnizate de cartarea agrochimică a solului (indicele azot, conținutul în fosfați și potasiu forme solubile în reactivul *AL* etc).

Scanned with OKEN Scanner

În figurile 7.6 și 7.7 sînt prezentate două modele de nomograme.

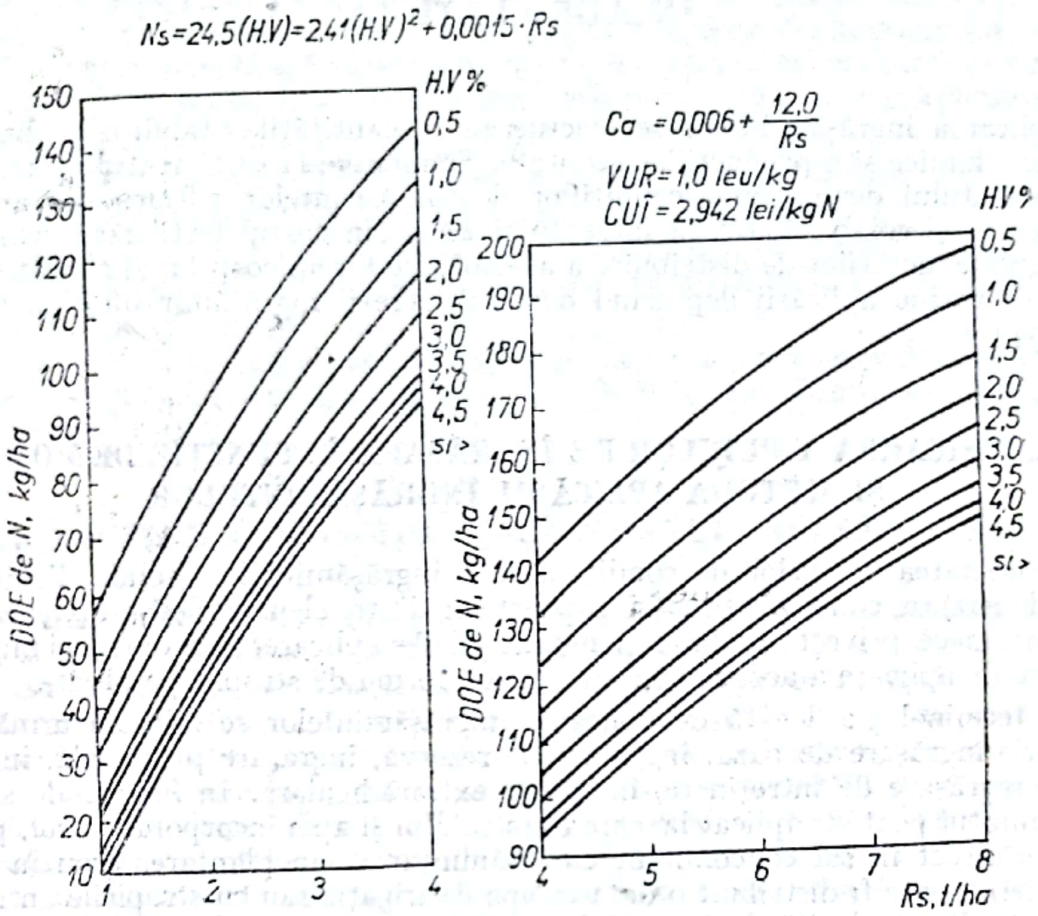


Fig. 7.6. Nomogramă pentru calculul dozei optime economice (*DOE*) de azot la grîul de toamnă în funcție de recolta scontată (*Rs*) și de indicele azot (I_N) (după **Hera** și **Borlan**, 1983).

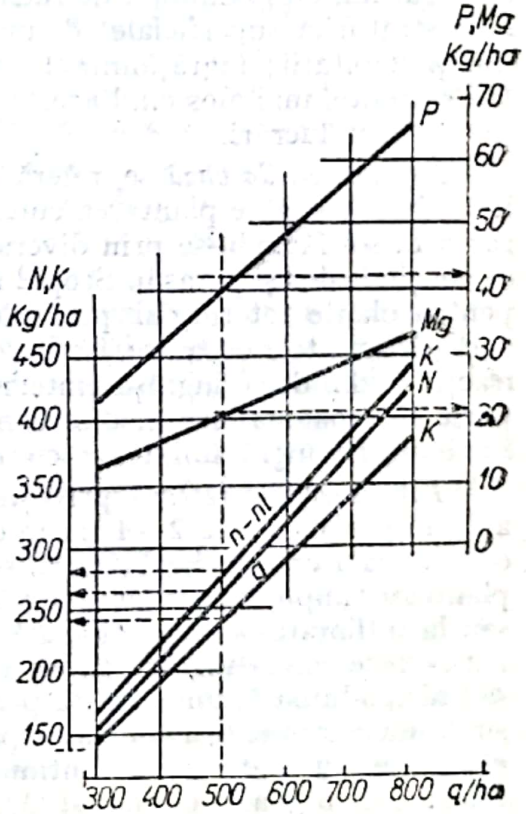


Fig. 7.7. Nomogramă pentru calculul dozei de îngrășăminte minerale la varza albă cultivată în cîmp (după **Geissler, Baumann și Geyer**, 1983):
a — sol argilos; *l* — sol lutos; *nl* — sol nisipo-lutos.

Teste recapitulative

7.1. Descrieți criteriile și metodele de stabilire a dozelor de îngrășăminte organice aplicabile la diverse culturi.

7.2. Prezentați metoda principală folosită în țara noastră pentru stabilirea dozelor de îngrășăminte minerale la culturi de cîmp și la cele horticole.

Scanned with OKEN Scanner

8. PRINCIPII DE FOLOSIRE RAȚIONALĂ A ÎNGRĂȘĂMINTELOR ÎN AGRICULTURĂ

Aplicarea îngrășămintelor se efectuează în cantitățile stabilite pe baza cartării agrochimice și a producțiilor scontate. Se recurge la sortimentul cel mai potrivit momentului de aplicare, condițiilor de sol, cerințelor culturii. Se apreciază (D e e c k e și colab., 1972) că între 10 și 20% din costul fertilizării cu îngrășăminte revine lucrărilor de distribuire a acestora pe teren, costul mai ridicat sau mai scăzut ce revine aplicării depinzînd de felul livrării îngrășămîntului (în ambalaj sau în vrac).

8.1. CLASIFICAREA TIPURILOR DE ÎNGRĂȘARE ÎN FUNCȚIE DE MOMENTUL ȘI METODA APLICĂRII ÎNGRĂȘĂMINTELOR

Diversitatea formelor de condiționare a îngrășămintelor (solide, lichide, sub formă de gaz), a concentrațiilor și rapoartelor dintre elementele N: P_2O_5: K_2O pun probleme în ce privește metoda și momentul de aplicare, tehnologia și mijloacele mecanice de aplicare a acestora în sol sau sub forma de stropiri pe plante.

În terminologia legată de aplicarea îngrășămintelor se folosesc următoarele denumiri: îngrășare de bază, îngrășare de rezervă, îngrășare principală, îngrășare fazială, îngrășare de întreținere, îngrășare extraradiculară. În funcție de situație, îngrășămîntul poate fi aplicat la suprafața solului și apoi încorporat în sol, poate fi introdus direct în sol concomitent cu însămînțarea sau plantarea (sau în timpul vegetației), poate fi distribuit o dată cu apa de irigație sau cu stropirile anticriptogamice etc. Particularitățile de solubilitate și de sistem radicular al culturii impun ca metoda de aplicare a îngrășămintelor să îndeplinească două condiții esențiale: îngrășămintele avînd mobilitate scăzută (cele cu P, K etc.) se introduc în sol la nivelul stratului cu maximum de rădăcini, cele cu mobilitate ridicată putîndu-se aplica și în straturile superficiale, de unde sînt vehiculate spre rădăcini cu apele infiltrate din precipitații; îngrășămintele trebuie distribuite uniform, corespunzător dozelor stabilite, mai ales cînd acestea se aplică la suprafață și ulterior se încorporează în sol prin lucrări.

Îngrășarea de bază se referă la aplicarea anuală a îngrășămintelor înainte de însămînțare sau de plantarea culturii, toamna sau primăvara de timpuriu, încorporarea în sol făcîndu-se prin diverse lucrări. Privește în primul rînd îngrășămintele ce conțin fosfor și potasiu. Scopul fertilizării de bază este asigurarea nutriției optime pentru plante tot timpul perioadei de vegetație. La îngrășarea de bază se aplică și îngrășămintele organice, iar la culturile de toamnă se introduce în sol și o anumită fracțiune din doza îngrășămintelor cu azot. Îngrășarea de bază primăvara de timpuriu (nu toamna) este necesară pe soluri cu textură nisipoasă, unde există pericolul levigării îngrășămintelor cu potasiu.

Îngrășarea de rezervă privește îngrășămintele cu fosfor și potasiu, care se pot aplica în sol o dată la 2—4 ani în cantitate corespunzător mai mare. Exemplu, dacă doza anuală este 60 kg P_2O_5/ha, se aplică 240 kg P_2O_5/ha spre a satisface nevoile plantelor timp de patru ani. Îngrășarea de rezervă se pretează la pajiștile naturale sau la înființarea celor artificiale, înainte de plantarea livezilor sau a viței de vie. Nu se recomandă îngrășarea de rezervă cu potasiu pe soluri cu textură nisipoasă sau nisipo-lutoasă, unde există pericolul levigării acestuia. La soluri argiloase, folosirea unor doze excesive de sare potasică poate avea efect negativ asupra plantelor clorofobe sau poate crește conținutul de potasiu din plantele furajere peste limitele tolerate de organismul animal (3% față de substanța uscată).

Scanned with OKEN Scanner

Îngrășarea principală se referă exclusiv la aplicarea îngrășămintelor cu azot, primăvara cu prilejul însămînțării sau plantării culturilor anuale, sau după desprimăvărare în cazul livezilor și viței de vie. Dacă o fracțiune din întreaga doză de azot se aplică în cursul vegetației, în una sau mai multe reprize, avem de-a face cu *îngrășarea fazială*. Fertilizarea fazială poate fi făcută și cu altfel de îngrășăminte decît cele cu azot.

Îngrășarea extraradiculară privește aplicarea îngrășămintelor sub formă de stropiri pe plante în timpul vegetației sau a repausului vegetativ.

Îngrășarea la însămînțare (starter sau de stimulare) se referă la aplicarea unei fracțiuni din doza de îngrășămînt, concomitent cu însămînțarea, spre a servi imediat plantelor după răsărire.

Îngrășarea de întreținere are drept scop folosirea unor doze de îngrășăminte cu fosfor sau potasiu pentru menținerea nivelului optim al formelor accesibile de fosfați și potasiu din sol.

8.2. FACTORII CE CONDIȚIONEAZĂ EFECTUL ÎNGĂȘĂMINTELOR

Aplicarea corectă a îngrășămintelor presupune cunoașterea factorilor ce condiționează efectul lor. Dozele stabilite prin calcul pot avea un efect economic mai ridicat sau mai scăzut, în funcție de multitudinea factorilor naturali ce condiționează formarea recoltei. Factorii de stres ce apar în anul curent, sau care au fost în anul precedent, influențează cerințele plantelor pentru diverse specii de ioni nutritivi, afectînd, în consecință, mărimea dozelor sau sortimentul de îngrășăminte. Particularitățile biologice ale culturilor din anul precedent, condițiile pedoclimatice, remanența îngrășămintelor aplicate la premergătoare, rotația culturilor, nivelul agrotehnicii, sistemul de agricultură sînt factori ce condiționează utilizarea îngrășămintelor de către plante în anul curent și impun mărimea dozei efectiv aplicabilă.

Îngrășarea în funcție de condițiile de sol. În funcție de nevoia aplicării îngrășămintelor și de eficiența lor, solurile pot fi grupate în două categorii:

— soluri cu fertilitate naturală optimă, cu însușiri aproape ideale, adică au reacție slab acidă sau neutră, structurate și cu capacitate ridicată pentru reținerea aerului și apei, conținut optim de elemente etc. Au nevoie scăzută de îngrășăminte;

— soluri cu nevoi accentuate de îngrășăminte și de măsuri agrotehnice pentru ameliorarea fertilității lor. Solurile podzolice sînt primele care au nevoie de ridicarea conținutului de azot și fosfor în forme solubile, în cele mai multe cazuri fiind nevoie și de potasiu, concomitent cu corectarea reacției.

Alcătuirea granulometrică a solului și natura mineralelor argiloase influențează evident transformările suferite de îngrășăminte, adsorbția, fixarea sau reținerea diverselor specii de ioni, ceea ce influențează eficiența îngrășămintelor. Solurile cu textură argiloasă sau argilo-lutoasă, bogate în minerale cu rețea cristalină expandabilă, rețin sau fixează mai puternic diversele specii de ioni aplicați ca îngrășăminte prin comparație cu cele avînd textură nisipoasă, lucru ce se răsfrînge asupra efectului îngrășămintelor.

O agrotehnică superioară îmbunătățește condițiile fizico-chimice ale solului, sporește activitatea microbiană a acestuia, mărind efectul îngrășămintelor. Aceasta face ca aprovizionarea solului cu anumite elemente în forme ușor accesibile să capete caracter dinamic, modificîndu-se de la un an la altul și impunînd controlul periodic asupra stării de nutriție a plantelor. Formele chimice sub care sînt aplicate îngrășămintele constituie, uneori, un factor ce modifică anumite însușiri ale solului, de care trebuie să se țină seama la stabilirea ulterioară a complexului de măsuri agrochimice.

Scanned with OKEN Scanner

Solurile cu fertilitate scăzută din cauza excesului de umiditate, a salinității și alcalinității ridicate, cele turboase, precum și solurile irigate sau neirigate din zone subtropicale cer măsuri secundare indispensabile creșterii fertilității și efectului îngrășămintelor.

Condițiile climatice și aplicarea îngrășămintelor. Factorul climă influențează imens dezvoltarea plantelor și valorificarea îngrășămintelor. Condițiile extreme climatice pot constitui factori de stres ce condiționează efectul îngrășămintelor în anul aplicării lor, cu repercusiuni asupra mărimii dozei ce se aplică în anul următor. În rîndul factorilor climatici se înscriu uscăciunea sau precipitațiile abundente în anumite faze de vegetație, căldura excesivă sau frigul, durata de strălucire a soarelui, furtuni sau lovituri de grindină.

Uscăciunea afectează în cea mai mare măsură mobilitatea (scurgerea și difuziunea) elementelor nutritive existente în sol și a celor aplicate ca îngrășămînt, utilizarea acestora de către plante (vezi subcap. 3.4). O fertilizare corectă conduce la folosirea rațională a apei din sol de către plante, ceea ce prezintă o mare importanță în zonele de stepă și în anii secetoși. Aprovizionarea optimă cu potasiu mărește rezistența la secetă prin scăderea transpirației, iar aprovizionarea cu fosfor grăbește lungirea rădăcinilor în straturi mai adînci, cu apă accesibilă plantelor. În soluri cu conținut scăzut de fosfor rădăcinile sînt localizate, în anii secetoși, în stratul de sol superficial, uscat. Uscăciunea intensifică insuficiența anumitor specii de ioni și prin reținerea mai puternică a acestora la fracțiunea coloidală a solului sau prin procese de oxidoreducere. Un potențial redox ridicat în asemenea condiții face ca formele divalente de fer și mangan să treacă în forme superioare de valență și să precipite. Irigarea, în asemenea perioade, micșorează temporar potențialul redox, favorizînd trecerea acestor elemente în forme ușor accesibile (Mn^{2+}, Fe^{2+}). În condiții de uscăciune are loc reținerea cu forțe mari a ionilor Fe^{2+} și Zn^{2+} la particulele coloidale. Concentrația cationilor monovalenți din soluția solului se micșorează, putînd apare competiția cu ionii divalenți de Ca^{2+} și Mg^{2+}. Dacă se aplică irigația prin brazde sau inundare, temporar fenomenul se poate desfășura invers. Activitatea florei microbiene scade proporțional cu condițiile de uscăciune, iar îngrășămintele minerale cu azot pot crește concentrația soluției solului peste limitele suportate de plante, cum s-a menționat cu alt prilej. Micșorarea umidității solului afectează profund difuziunea ionilor de ortofosfat, mai ales în solul sărac în asemenea ioni, ceea ce se răsfrînge în nutriția plantelor prin apariția unui raport neechilibrat între ionii NO_3^- și $H_2PO_4^-$ din soluția solului fertilizat cu doze mari de îngrășăminte conținînd azot. Un conținut ridicat de fosfați în solul supus uscăciunii echilibrează raportul celor două specii de ioni, evitînd consecințele lor negative.

Căldura și insolația excesivă se asociază de regulă cu uscăciunea, accentuînd procesul respirației, care se desfășoară mai intens decît cel al fotosintezei. În asemenea condiții se cere o bună aprovizionare cu zinc spre a se asigura formarea substanțelor de creștere (auxine). Temperaturi de peste 20°C în sol micșorează formarea perilor radiculari, crește raportul între partea aeriană și cea subterană a plantei, iar aplicarea unor cantități satisfăcătoare de îngrășăminte cu fosfor defavorizează apariția fenomenului. Precipitațiile abundente în timpul verii sînt favorabile accesibilității ionilor de ortofosfat, toamna sau iarna ele defavorizînd accesibilitatea acestora (B a r b e r, 1962).

Precipitațiile în cantități insuficiente în lunile de toamnă-iarnă creează o rezervă nesatisfăcătoare de apă în sol, ceea ce afectează profund valorificarea îngrășămintelor de către plante și impune micșorarea dozelor de azot ce se aplică primăvara. Totodată îngrășămintele cu fosfor și potasiu se introduc la adîncimea la care se menține totuși o umiditate accesibilă plantelor.

Condițiile de climă umedă, asociate cu aplicarea unor doze mari de îngrășăminte, pot favoriza dezvoltarea atacului de ciuperci, bacterii și de insecte. Atît insuficiența cît și excesul unui element în nutriția plantelor pot favoriza atacurile de

Scanned with OKEN Scanner

boli sau de insecte. Astfel, insuficienta aprovizionare a plantelor de cartof cu azot favorizează atacul gîndacului din Colorado, iar excesul de azot cauzează la multe specii de plante țesuturi spongioase, alcătuite din celule alungite, foarte sensibile la atacul de viruși, bacterii și ciuperci. Insuficiența de fosfor este favorabilă atacului de ciuperci, probabil în urma raportului neechilibrat N/P ce se stabilește în țesuturile plantei, iar insuficiența de potasiu favorizează atacul de afide și infecția cu viruși, probabil datorită faptului că se produc tulburări în metabolismul glucidelor, care nu evoluează spre amidon și alți produși cu moleculă complexă. Precipitațiile abundente în faza de înspicare și formare a bobului, asociate cu excesul de îngrășăminte cu azot, favorizează atacul de *Fusarium graminearum* la grîul de toamnă (H a t m a n, 1972).

Unii autori (F i n c k, 1979) presupun că aplicarea rațională a îngrășămintelor ar stimula activitatea microorganismelor din sol cu rol de protecție antibiotică a plantelor. Streptomicina și teramicina au fost depistate în proporție de pînă la 5 ppm în composturi și soluri.

8.3. SISTEMUL DE AGRICULTURĂ ȘI APLICAREA ÎNGRĂȘĂMINTELOR

Din punctul de vedere al protecției ecosistemelor naturale și agricole pot exista două sisteme de agricultură: agricultura „convențională", cu variantele „puternic intensivă" și „moderat intensivă" și agricultura „alternativă" sau „biologică", cu variantele ei „organică-biologică" și „biologică-dinamică" (B e s s o n, 1978; P a p a c o s t e a, 1981; B o g u s l a w s k i, 1983 etc.).

Agricultura convențională în varianta „puternic intensivă", fără sector de creștere a animalelor, menține fertilitatea solului numai prin aplicarea unor doze mari de îngrășăminte chimice, cele organice fiind folosite doar în măsura în care rămîn resturi vegetale. În varianta *moderat intensivă*, deoarece întreprinderea agricolă are și sector de creștere a animalelor, se folosesc și îngrășăminte organice într-o anumită măsură împreună cu cele industriale.

Agricultura biologică, varianta „biologică-dinamică", exclude îngrășămintele industriale obținute prin sinteză (azotat de amoniu, uree etc.), adică pe cele care favorizează sporurile cele mai ridicate de recoltă, pentru diverse motive, printre care și cele de poluare, admițînd numai îngrășăminte organice naturale și pe cele rezultate din prelucrarea unor roci naturale. Acest sistem, care se bucură, într-o anumită măsură, de sprijin prin propaganda ce se face protecției ecosistemelor, este puțin răspîndit și acceptat din motive economice evidente. Înlăturarea pesticidelor și a îngrășămintelor industriale este de neconceput în societatea contemporană (vezi cap. 1). Asolamentele și rotația culturilor au o semnificație deosebită în prevenirea atacului produs de anumite specii de insecte, bacterii, ciuperci, viruși, însă ele singure pot constitui doar o verigă în contextul conceptului de „luptă integrată", care nu exclude folosirea pesticidelor și a îngrășămintelor industriale, ci recomandă folosirea lor rațională.

Culturile agricole se deosebesc în privința cerințelor lor față de substanțele nutritive, iar prin succesiunea în cadrul asolamentului valorifică mai bine elementele existente în sol. Leguminoasele își asigură, parțial sau total, azotul necesar creșterii lor prin simbioza cu specii de *Rhizobium*, îmbogățind totodată solul în azot, ceea ce impune micșorarea dozelor de azot teoretic calculate pentru cultura următoare. Datorită creșterii conținutului de azot din solul cultivat cu leguminoase sînt necesare, și au un efect mai ridicat, îngrășămintele cu fosfor aplicate la cultura următoare. Recoltele cele mai mari la ICCPT-Fundulea s-au obținut la grîul cultivat după mazăre, iar cele mai mici la cel cultivat după sfecla de zahăr, dozele de îngrășăminte chimice fiind aceleași. Cultura premergătoare are importanță în stabilirea dozelor de îngrășăminte. La porumb, cultura premergătoare are influență mai scăzută asupra mărimii dozei de îngrășăminte (P i n t i l i e și S i n, 1975).

Scanned with OKEN Scanner

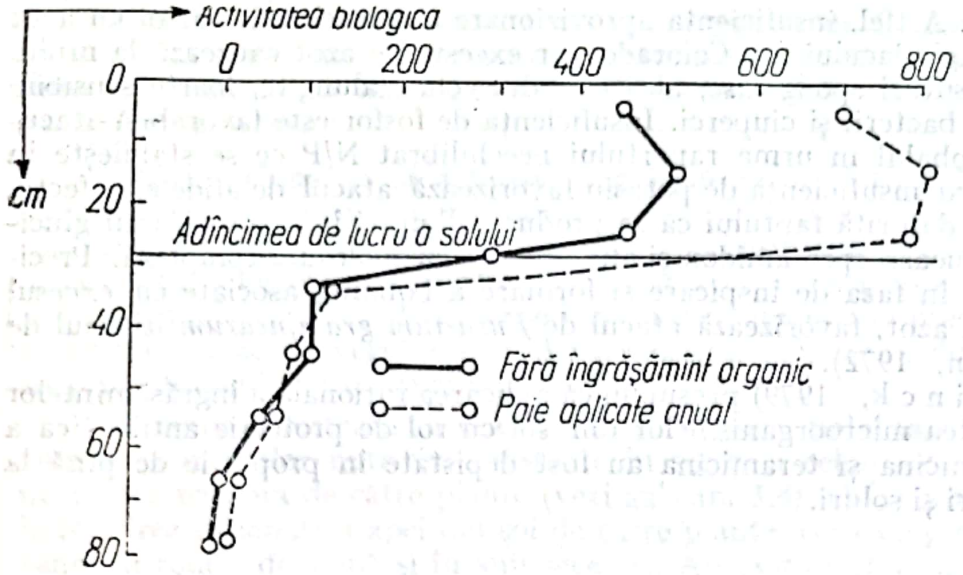


Fig. 8.1. Intensificarea activității biologice a solului în stratul arabil datorită îngrășămintelor organice (după B o g u s l a w s k i și D e b r u c k, 1977).

Sistemul de agricultură convențională, cu folosirea în asolament a îngrășămintelor industriale și organice, este de preferat întrucît se valorifică mai bine efectul îngrășămintelor introduse în sol, sporește activitatea biologică în stratul lucrat al solului și se obțin producții mai ridicate (fig. 8.1). La tehnologii superioare de lucrare și întreținere a solului se folosesc doze mai mari de îngrășăminte, cu efecte corespunzător mai ridicate.

Rotația culturilor are importanță și din alte puncte de vedere. Diverse cercetări au demonstrat că multe specii de plante și microorganisme produc anumiți compuși ce inhibă germinarea semințelor sau creșterea altor specii de plante. Asemenea secreții s-au numit *„agenți alelopatici"* (*Hans Molisch*, 1931). Studiul lor prezintă importanță practică și teoretică, ducînd la descoperirea unor substanțe cu acțiune erbicidă (P u t n a m, 1983). Compușii fenolici și acidul ferulic inhibă adsorbția potasiului în rădăcinile de orz și ovăz, mai ales la *p*H scăzut. O fertilizare corespunzătoare grăbește descompunerea substanțelor alelopatice, care au implicații negative asupra plantelor cultivate ce urmează pe sola respectivă.

8.4. APLICAREA ÎNGRĂȘĂMINTELOR PENTRU CULTURA INTENSIVĂ A PRINCIPALELOR PLANTE DE CÎMP

Fertilizarea pentru obținerea de producții mari, stabile și de calitate superioară se organizează și se încadrează organic în tehnologiile de cultură pe baza următoarelor principii:

— în orice condiții naturale și de cultură agricolă, recoltele cresc o dată cu gradul de optimizare și armonizare a tuturor factorilor de vegetație, inclusiv a însușirilor fizice, chimice și biologice ale solului. De aceea, recolte mari, stabile și de calitate pot fi obținute numai prin interacționarea pozitivă a tuturor factorilor și condițiilor de vegetație, asigurate la niveluri optime;

— interacțiunile pozitive dintre factorii și condițiile de vegetație, asigurate cantitativ și calitativ la niveluri economic optime, fac posibilă scăderea consumurilor specifice de substanțe nutritive din îngrășăminte. Micșorarea acestor consumuri specifice pe măsura creșterii recoltelor la hectar, contribuie evident la sporirea eficienței economice în producția vegetală;

— participarea solului la acoperirea cerințelor de nutriție minerală a culturilor scade ca procent din necesarul total o dată cu creșterea recoltelor, mărindu-se corespunzător proporția în care acest necesar trebuie asigurat din îngrășăminte naturale (organice) și din cele produse industrial;

Scanned with OKEN Scanner

— creșterea recoltelor prin aplicarea îngrășămintelor cu N, P și K produse industrial duce la micșorarea treptată a gradului de asigurare a culturilor cu elemente nutritive secundare (S și Mg) și cu microelemente (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) din sol. În funcție de analiza agrochimică a solului, de mărimea dozelor de îngrășăminte cu macroelemente și de specificul plantelor cultivate, în cadrul fertilizării pentru producții mari poate apărea necesară și aplicarea de îngrășăminte cu elemente nutritive secundare și cu unele microelemente;

— cu cît cantitățile de îngrășăminte necesare pentru obținerea în condiții economice a recoltelor scontate sînt mai mari, cu atît crește probabilitatea de a interveni perturbări și dezechilibre în chimismul solului și în nutriția minerală a plantelor și cu atît mai mult trebuie să sporească grija pentru optimizarea și armonizarea factorilor trofici de vegetație pe baza analizei agrochimice a solului și plantelor;

— îngrășarea pentru producții mari necesită și o optimizare spațio-temporală a aplicării îngrășămintelor în sol și pe plantă, constînd în aplicarea îngrășămintelor la mai multe momente, înainte de și în cursul perioadei de vegetație, la mai multe adîncimi în sol (cu lucrările de afînare profundă, cu arătura de bază, la pregătirea ogoarelor pentru semănat, o dată cu semănatul, cu lucrările mecanice de întreținere și cu cele de combatere a buruienilor, bolilor și dăunătorilor).

Aceste principii agrochimice aparțin unui ansamblu de reguli agronomice care trebuie să fundamenteze și să orienteze tehnologiile de cultură intensivă a plantelor pentru obținerea de recolte mari: realizarea unui înalt grad de lucrare prealabilă a solului; rotația adecvată a culturilor, inclusiv cu plante ameliorătoare; optimizarea fizică și a regimului aerohidric al solului potrivit cu cerințele plantelor; cultivarea unor varietăți productive și la densități corespunzătoare; combaterea integrată a buruienilor, bolilor și dăunătorilor; recoltarea la timp și fără pierderi; condiționarea recoltei în vederea păstrării etc.

Optimizarea reacției și a conținutului de baze schimbabile în soluri. Aplicarea tehnologiilor de cultură intensivă a plantelor de cîmp pentru obținerea de recolte mari, stabile și de calitate este posibilă pe soluri cu pH-ul (dozat în suspensie apoasă) între 5,8—8,3 și gradul de saturație cu baze (V_{Ah}) mai mare de 80% — domeniu de valori la care nu pot interveni limitări din partea reacției solului la culturile de cîmp. Amendarea calcaroasă este necesară pe solurile acide care au pH-ul sub 5,8 și gradul de saturație cu baze sub 80%, soluri care conțin forme mobile de aluminiu și mangan, ce pot să apară în timpul vegetației și ca urmare a acidifierii temporare determinată de îngrășămintele cu azot. Amendarea cu gips se impune pe solurile cu pH-ul mai mare de 8,3, în care sodiul adsorbit reprezintă mai mult de 5% din capacitatea totală pentru schimb cationic.

Fertilizarea organică. În cadrul tehnologiilor de cultură intensivă, fertilizarea organică are ca scop ameliorarea complexă a însușirilor fizice, chimice și biologice ale solului și asigurarea pînă la 1/3 din necesarul de azot al culturilor.

Culturile prășitoare (cartof, sfecla de zahăr, porumb, floarea-soarelui) și culturile furajere perene valorifică mai bine influența pozitivă multilaterală a îngrășămintelor organice în anul încorporării lor în sol, în timp ce culturile anuale neprășitoare beneficiază de efectul prelungit al acestor îngrășăminte în anii următori. Pentru fertilizare organică a solurilor la care se aplică tehnologii intensive de cultură este de preferat gunoiul de grajd bine fermentat, bogat în substanțe organice cu azot, fosfor și sulf, liber de semințe de buruieni și germeni patogeni. Cu rezultate bune se poate utiliza o gamă largă de îngrășăminte organice locale, de diverse proveniențe și consistențe a căror echivalare cu gunoiul de grajd bine fermentat poate fi făcută pornind de la conținutul lor de azot și de substanță uscată.

Dozele de îngrășăminte organice (*DIO*, t/ha) în cadrul tehnologiilor de cultură intensivă a plantelor prășitoare se stabilesc în funcție de: recolta scontată a se ob-

Scanned with OKEN Scanner

ţine (Rs), indicele de azot al solului (IN, %), conţinutul de argilă (A, %) din stratul arat al solului şi în funcţie de conţinutul de azot (N, %) şi substanţă uscată (SU, %) din îngrăşămîntul organic disponibil:

$$DIO, \text{t/ha} = \left(a + \frac{a}{IN}\right)\left(\frac{Rs}{b}\right)\left(1{,}45 - \frac{8}{A}\right)\left(\frac{0{,}45}{N}\right)\left(\frac{22}{SU}\right) \qquad (8.1)$$

Coeficienţii a şi b diferă în raport cu specia: $a = 40$, pentru cultura porumbului, cartofului de toamnă şi sfeclei de zahăr şi cu 30, la floarea-soarelui, iar $b = 15$ la porumb, 80 la cartof de toamnă şi sfeclă de zahăr şi 5 la floarea-soarelui. Valorile 0,45 şi 22 exprimă conţinutul mediu de azot şi, respectiv, de substanţă uscată din gunoiul de grajd bine fermentat, ambele în procente din masa umedă a gunoiului.

În tabelul 8.1 sînt redate dozele de îngrăşămînt organic funcţie de parametrii menţionaţi.

Tabelul 8.1

Doze de îngrăşăminte organice (DIO*), t/ha, aplicabile o dată la 3—4 ani în cadrul tehnologiilor de cultură intensivă a plantelor de cîmp, funcţie de indicele azot (N%) şi de conţinutul de argilă (A, %) în stratul arat al solurilor

A, % \ N, %	1,5 şi sub	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5 şi peste
15	62	55	52	49	47	46	45
20	70	65	59	56	54	52	51
25	76	68	63	60	58	56	54
30	79	71	66	63	60	59	58
35	82	73	68	65	62	61	60
40	84	75	70	66	63	63	62

* Se corectează în funcţie de specia culturii, de recolta scontată (R_s) şi de conţinutul de azot (N) şi substanţa uscată (SU) din îngrăşămîntul organic (formula 8.1).

Pentru valorificarea completă a efectului lor pozitiv, îngrăşămintele organice se încorporează în sol cu arătura imediat după aplicarea pe sol. Mai puţin eficientă este aplicarea îngrăşămintelor organice pe arătură, urmată de încorporarea în sol prin discuire. Cu rezultate satisfăcătoare se poate practica aplicarea gunoiului de grajd bine fermentat şi a altor îngrăşăminte organice în timpul iernii pe terenurile plane acoperite cu zăpadă, încorporarea lor în sol făcîndu-se prin discuire la pregătirea patului germinativ.

Aportul de substanţe nutritive eficiente (N_g; P_2O_{5g}; K_2O_g) din îngrăşămintele organice se stabileşte în funcţie de analiza acestora (procentul de N, P_2O_5 şi K_2O din masa proaspătă a îngrăşămintelor organice şi de timpul trecut de la încorporarea lor în sol (în anul încorporării, $t = 1$; încorporate la cultura premergătoare $t = 2$; la cultura antepremergătoare, $t = 3$):

$$N_g, \text{ kg/ha} = DIO \cdot N \cdot \left(0{,}6 + \frac{2{,}7}{t}\right) + N_{min\ g} \qquad (8.2)$$

$$P_2O_{5\,g}, \text{ kg/ha} = DIO \cdot P \cdot \left(1{,}0 + \frac{2{,}5}{t}\right) \qquad (8.3)$$

$$K_2O_g, \text{ kg/ha} = DIO \cdot K \cdot \frac{5}{t}. \qquad (8.4)$$

$N_{min\ g}$ în formula (8.2) se referă la conţinutul de azot mineral (suma $N—NO_3$ şi $N—NH_4$) în îngrăşămîntul organic, exprimat în kg N conţinut în DIO (doza de

Scanned with OKEN Scanner

îngrășămînt organic, kg). Această cantitate majorează N_g în primul an de acțiune a îngrășămîntului organic.

Aporturile eficiente de azot, fosfor și potasiu exprimate în kg pe tona de îngrășămînt organic în anul încorporării ($t = 1$) și în anii 2 și 3 de acțiune ulterioară ($t = 2$ și 3) se dau în tabelul 7.4.

Stabilirea necesarului de substanțe nutritive pentru formarea recoltelor. *Macroelemente* (N, P_2O_5 și K_2O). Necesarul de substanțe nutritive pentru formarea recoltelor se asigură din rezerva solului, din îngrășămintele organice și din cele produse industrial, iar în cazul azotului și de la premergătoarele leguminoase. Deoarece extinderea tehnologiilor de cultură intensivă are drept scop sporirea eficienței economice prin micșorarea consumurilor de materiale și de energie pe unitatea de produs, aplicarea îngrășămintelor produse industrial în cadrul acestor tehnologii se face la nivelul dozelor optime economice (*DOE*), care asigură maximizarea venitului net la hectar. Elementele și informațiile necesare stabilirii nevoilor de N, P și K pentru formarea recoltelor și calculul dozelor optime economice de îngrășăminte organice și de îngrășăminte industriale (*DOE* E_{ipi}) se îmbină în formule de tipul:

$$DOE\ E_{ipi} = \frac{\left[\lg\left(2{,}3 \cdot C_e \cdot R_s \cdot \frac{VUR}{CUI}\right)\right]}{C_e} - (E_s + E_0 + N_L) \qquad (8.5)$$

Primul termen al părții din dreapta dă necesarul optim economic total de substanțe nutritive provenit din toate sursele (*NOE* T_{ts}) pentru formarea recoltelor scontate (R_s), iar ultimul — suma aporturilor eficiente de substanțe nutritive din sol (E_s), din îngrășămintele organice (E_0 din formulele 8.2, 8.3 și 8.4) și de azot al culturilor leguminoase (N_L).

În formula 8.5, E poate fi N, P sau K (în kg N, P_2O_5 sau K_2O/ha); C_e — coeficientul de acțiune al elementului nutritiv în cauză (C_a, C_f, C_p), stabiliți pe baza experimentării în cîmp cu îngrășăminte; *VUR* — costul unitar de obținut la produsul vegetal, iar *CUI* — costul unitar al substanțelor active din îngrășămintele disponibile (*CUN*, *CUP*, *CUK*).

Cantitățile de substanță activă N, P_2O_5 și K_2O ce trebuie aplicate cu îngrășămintele produse industrial (*DOE* E_{ipi}) se calculează scăzînd aportul de substanțe nutritive eficiente cu îngrășămintele organice (N_g, P_g, K_g) și de azot al culturilor leguminoase (N_L) (vezi tabelul 7.4), din dozele optim economic calculate în baza formulei 8.5.

Dozele de îngrășăminte cu azot ce se vor aplica cerealelor păioase de toamnă și culturilor de primăvară se precizează în funcție de rezerva de azot mineral — nitric și amoniacal — determinat la sfîrșitul iernii în profilul solului pe adîncimea 0—60 cm la solurile cu orizont *B* impermeabil și 0—90 cm la cele fără limitări pentru pătrunderea apei. Dozele optime economice de azot de aplicat la desprimăvărare se stabilesc cu formula:

$$DOE\ N_{ipi\ prim} = DOE\ N_{ipi} - N_{min} + 0{,}7N_s, \qquad (8.6)$$

în care:

subscriptul *îpi* semnifică îngrășăminte produse industrial; N_{min} — suma azotului nitric și amoniacal în profilul solului (0—60 și 0—90 cm) la desprimăvărare (kg N/ha), iar N_s — aportul normal de azot al solului (kg N/ha · an), care se determină cu formule înscrise în tabele și nomograme agrochimice.

Elemente nutritive secundare (*S și Mg*). Tehnologiile de cultură intensivă a plantelor trebuie să prevadă pentru anumite situații de sol și aplicarea de îngrășăminte cu S și Mg. Pot servi ca îngrășăminte cu sulf gunoiul de grajd cu 0,03—0,04%S,

Scanned with OKEN Scanner

sulfații de amoniu cu 24% S, de potasiu cu 17% S și de magneziu cu 13% S; fosfogipsul cu circa 9% S și superfosfatul simplu cu 10—11% S. În cadrul fertilizării pentru producții mari, îngrășămintele cu sulf sînt necesare pe solurile cu mai puțin de 5 ppm S mobil (extractibil cu acetat de amoniu acid), care au sub 2% humus.

Dozele optime de sulf sînt de 8—10 ori mai mici decît cele optime economic de azot din îngrășămintele produse industrial:

$$DO \text{ de } S, \text{ kg/ha} = 0{,}111 \cdot DOE\ E_{tvt} \qquad (8.7)$$

Cele mai potrivite surse de Mg pentru toate solurile sînt îngrășămintele organice (gunoiul de grajd bine fermentat conține în jur de 0,15% MgO), calcarul dolomitic și dolomita care pot conține pînă la 24% MgO (utilizabile pe solurile acide) și sulfatul de magneziu cu 15—16% MgO utilizabil pe solurile ce nu necesită calcarizare. Cînd solurile respective sînt cultivate intensiv cu plante de cîmp, au nevoie de îngrășăminte cu magneziu; cele ce conțin în stratul arat mai puțin de 120 ppm Mg extractibil cu reactivul *AL*. Dozele optime de MgO sînt de aproximativ 4,5 ori mai mici decît dozele optime economice de potasiu:

$$DO\ MgO, \text{ kg/ha} = 0{,}22 \cdot DOE\ K_2O \qquad (8.8)$$

Microelemente. Prevenirea sigură a insuficienței de microelemente este necesară pentru succesul tehnologiilor de cultură intensivă a plantelor de cîmp. Microelementele se asigură din rezervele existente în sol, din îngrășămintele organice și, în completarea acestor surse, din îngrășăminte speciale aplicabile în sol sau pe frunzele plantelor. În general, proporția în care necesarul de microelemente se poate asigura din sol scade o dată cu creșterea recoltelor și a dozelor de îngrășăminte cu macroelemente. Aportul mediu de microelemente al gunoiului de grajd bine fermentat este de 4—5 g bor, 7—8 g cupru, 0,7 g molibden, 16 g zinc, 25 g mangan și 40 g fer pe tona de gunoi (vezi tabelul 5.42). Experiențele din cîmp și datele de analiză agrochimică a solului au evidențiat nevoia de îngrășăminte cu bor la sfecla de zahăr, in și floarea-soarelui, de molibden la soia, de zinc și molibden la porumb în anumite condiții de sol și climă și de fer în plantațiile pomi-viticole pe soluri cu putere clorozantă. Îngrășămintele cu mangan și cupru nu s-au dovedit, deocamdată, necesare în condițiile din țara noastră. Dozele optime din punct de vedere științific (*DOS*) de bor, molibden și zinc pentru aplicarea prventivă în sol sînt, în medie, de 2 kg B, 1 kg Mo și 8 kg Zn/ha o dată la 5 ani.

Tratarea preventivă și curativă a plantelor subnutrite cu microelemente se face prin stropire cu soluții a unor preparate speciale.

Preparate foliare pentru prevenirea sau tratarea insuficiențelor de microelemente în cultura intensivă a plantelor de cîmp

A) *Preparat foliar pentru prevenirea și tratarea insuficienței de bor*

1. Se amestecă pînă la omogenizare 131 g de acid boric H_3BO_3, 9,2 g heptamolibdat de amoniu $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4\ H_2O$, 55,0 g sulfat de zinc $ZnSO_4 \cdot 7\ H_2O$ și 72,5 g etilendiaminotetraacetat de sodiu, $Na2EDTA \cdot H_2O$.

2. În paralel (cu o zi înainte) se înmoaie 450 g îngrășămînt complex 16: 48: 0 (diamoniufosfat) cu 150 cm^3 de acid sulfuric 4 *n*, pînă la obținerea unei suspensii consistente de cristale de fosfați mono și disubstituiți de amoniu.

Suspensia de fosfați de amoniu (2) se adaugă la sursele de microelemente complexate organic (1) și se omogenizează perfect.

Se aplică pe plante în concentrație de 0,4—0,8% (4—8 g amestec la litrul de apă cu mineralizare scăzută, bună pentru irigarea prin aspersiune). În afară de corectarea nutriției cu bor, preparatul are și o acțiune complexă de stimulare a metabolismului plantelor.

Scanned with OKEN Scanner

B) *Preparat foliar pentru prevenirea și tratarea insuficienței de molibden*

Se amestecă, pînă se obține o masă semilichidă omogenă, următoarele substanțe: 655 g îngrășămînt complex 16:48:0; 216 cm^3 de acid sulfuric 4 *n*; 80 g acid boric H_3BO_3, 20 g heptamolibdat de amoniu și 1,4 g metavanadat de amoniu NH_4VO_3. Se aplică pe plante în concentrație de 0,8—1,2% (8—12 g/litrul de apă) cu mineralizare scăzută, bună pentru aspersiune.

C) *Preparat foliar pentru prevenirea și tratarea insuficienței de zinc*

Se triturează împreună pînă la obținerea unei mase omogene următoarele substanțe: 89 g sulfat de zinc $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$; 73 g acid boric H_3BO_3, 19,8 g sulfat de cupru $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 4,8 g heptamolibdat de amoniu $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$; 7,6 g sulfat de cobalt $CoSO_4 \cdot 7H_2O$, 3,8 g sulfat de nichel $NiSO_4 \cdot 7H_2O$, 400,0 g uree $(NH_2)_2CO$, 60 g sulfat de potasiu K_2SO_4, 340,0 g azotat de potasiu.

Se aplică pe plante în concentrație de 0,6—0,8% (6—8 g/litrul de apă). *p*H-ul soluției diluate care se aplică pe plante trebuie să fie cuprins între 6,0 și 7,0.

Aplicarea soluțiilor pe plante se poate face cu mașinile de erbicidat MET 1 200 și MET 2 500, iar în cazul culturilor prășitoare și cu EEP 600 montat pe tractor, o dată cu efectuarea prașilelor mecanice.

Repartizarea optimă a îngrășămintelor în sol și corelarea măsurilor de fertilizare cu nevoile plantelor. Optimizarea spațio-temporală a aplicării îngrășămintelor se obține prin încorporarea acestora în sol cu prilejul efectuării principalelor lucrări tehnologice (afînarea adîncă, arătura de bază, grăparea, discuirea) sau al lucrărilor de pregătire a patului germinativ, semănatul, lucrările mecanice de întreținere a solului, lucrările de combatere a buruienilor, irigarea prin aspersiune. Aplicarea îngrășămintelor minerale în același timp cu efectuarea altor lucrări din tehnologia cultivării plantelor ieftinește fertilizarea și micșorează tasarea solului. Aplicarea îngrășămintelor la mai multe adîncimi în sol și momente din ciclul tehnologic și ontogeneza culturii micșorează, pînă la dispariție, pericolul stresării osmotice a plantelor prin focare de concentrație ridicată a sărurilor, precum și riscul poluării solului și apelor. În tabelul 8.2 se prezintă un exemplu de optimizare spațio-temporală a aplicării îngrășămintelor și amendamentelor.

Tabelul 8.2

Fracționarea dozelor de îngrășăminte chimice și momentul aplicării lor în sol la cultura intensivă a porumbului pentru boabe (cifrele din tabel reprezintă părți din doza integrală destinată culturii)

Lucrare de aplicare a îngrășămîntului	Fracțiunea din doză		
	N	P_2O_5	K_2O
Arătura de bază	0,4	0,6	0,6
Pregătirea patului germinativ	0,4	0,2	0,4
Însămînțarea	0,1	0,2	—
Lucrările solului, irigare	0,1	*f*	*f*

f = stropiri foliare pentru înlăturarea eventualelor insuficiențe nutritive.

Sortimentul de îngrășăminte recomandabile la cultura intensivă a plantelor de cîmp. Armonizarea tipurilor și formelor chimice ale îngrășămintelor cu solul și cerințele etapelor din tehnologiile de cultură a plantelor este una din condițiile importante de eficiență a fertilizării pentru producții mari. Prin această armonizare se asigură:

— concentrațiile optime, formele chimice adecvate și rapoartele necesare între elementele nutritive potrivit cu cerințele de nutriție a culturilor în ontogeneza lor și cu însușirile agrochimice ale solurilor;

— prevenirea unor reacții de imobilizare a substanțelor nutritive sau de înrăutățire a reacției solului;

— posibilitatea aplicării o singură dată a mai multora din elementele nutritive necesare;

— aplicarea îngrășămintelor concomitent cu alte lucrări din tehnologie.

Scanned with OKEN Scanner

Tehnica aplicării îngrășămintelor. Asigurarea plantelor cu substanțe nutritive în concentrațiile și rapoartele optime specifice fiecărei culturi și etape ontogenetice, evitarea stresării plantelor sub acțiunea concentrațiilor ridicate de îngrășăminte solvite în soluția solului, evitarea poluării solului și apelor freatice se pot realiza dacă se respectă principiul optimizării temporo-spațiale de fertilizare, adică de eșalonare în timp a aplicării îngrășămintelor în cantități științific normate, în etapele cu cea mai ridicată eficiență pentru plante și repartizate cît mai uniform pe adîncimea solului arat.

Etape tehnologice și ontogenetice de aplicare eficientă a îngrășămintelor produse industrial

a) Fertilizarea de bază trebuie efectuată prin distribuția uniformă a îngrășămintelor pe suprafața solului și încorporarea lor cu arătura, în vederea asigurării nutriției plantelor atît în perioada critică de absorbție cît și în continuare în perioada de consum maxim. Această fertilizare poate fi realizată și prin distribuția îngrășămintelor în benzi, cu ajutorul unor dispozitive montate pe agregatul de executare a lucrării solului.

Cantitățile de îngrășăminte aplicate o dată cu executarea arăturii reprezintă 0—40% din doza optimă economică de azot și 67—100% din doza optimă economică de P_2O_5 și K_2O.

b) Fertilizarea de bază prin distribuția uniformă a îngrășămintelor la suprafata solului și încorporarea lor prin lucrări de pregătire a semănatului. Îngrășămintele pot fi aplicate și concomitent cu erbicidarea preemergentă, încorporarea lor făcîndu-se cu grapa sau discuitorul. Se asigură nutriția plantelor atît în perioada critică a formării organelor generative cît și în perioada consumului maxim pentru formarea masei vegetative.

Cantitățile de îngrășăminte aplicabile o dată cu executarea lucrării de pregătire în vederea semănatului reprezintă 20—30% din doza optimă de azot și 67—100% din doza optimă economică de P_2O_5 și K_2O, dacă aceste îngrășăminte nu s-au aplicat la executarea arăturii.

c) Fertilizarea de pornire (starter) se execută concomitent cu semănatul în benzi, îngrășămîntul introducîndu-se sub sămînță sau lateral de rîndul de sămînță la 5—6 cm. În acest caz îngrășămintele se aplică cu ajutorul fertilizatoarelor montate pe mașina de semănat, la adîncimea de 5—6 cm sub sămînță. Prin micșorarea suprafeței de contact a îngrășămintelor cu solul se scade cuantumul fixării în sol a ionilor fosfat, iar eficiența exprimată în kg spor de recoltă pe kg de substanță activă este cea mai ridicată.

Cantitățile de îngrășăminte aplicabile la fertilizarea de pornire reprezintă 20% din doza optimă economică de azot și 20—35% din doza optimă economică de P_2O_5; pe solurile deficitare în potasiu, fertilizarea de pornire reprezintă circa 30% din doza optimă economică de K_2O. Se folosesc sorturile de îngrășăminte corespunzătoare solului vezi (cap. 5).

În lipsa acestora se procedează la realizarea de amestecuri de îngrășăminte simple în proporțiile dorite, folosind pentru solurile neutre sau slab alcaline azotatul sau sulfatul de amoniu și superfosfatul concentrat sau simplu, iar pentru cele cu reacție slab acidă îngrășămîntul complex 16 : 48 : 0. Ca sursă de potasiu se recomandă clorura de potasiu.

La fertilizarea de pornire se exclude ureea din cauza posibilităților de a vătăma tinerele plante în urma contactului cu amoniacul rezultat din hidroliza ureei și micșorarea accesibilității fosforului.

d) Aplicarea îngrășămintelor în cursul perioadei de vegetație (fertilizarea fazială) asigură plantele cu azot în perioada critică și de consum maxim. La cerealele de toamnă se poate aplica fertilizarea cu azot la desprimăvărare, folosind mijloace terestre cînd solul este încă înghețat, sau avioane și elicoptere cînd solul este dezghețat deoarece mijloacele terestre ar produce pagube importante prin distrugerea plan-

Scanned with OKEN Scanner

telor sau compactarea solului. Cantitatea de azot aplicat cu acest prilej reprezintă 40—60% din doza optimă economică.

La culturile prăşitoare se pot aplica în cursul perioadei de vegetaţie 2—3 fertilizări ale solului, concomitent cu executarea lucrărilor mecanice de întreţinere sau cu apa de irigaţie prin aspersiune. La fiecare aplicare se foloseşte 15—20% din doza optimă de azot. Pentru a evita prelungirea perioadei de vegetaţie a plantelor, aplicarea îngrăşămintelor cu azot în timpul vegetaţiei nu trebuie să depăşească momentul de consum maxim, iar cantitatea totală de azot nu va depăşi 50% din doza optimă economică.

e) Fertilizarea de stimulare a plantelor se face cu soluţii de îngrăşăminte, concomitent cu lucrările obligate de erbicidare, combaterea bolilor sau dăunătorilor sau o dată cu executarea lucrărilor de întreţinere. La cerealele păioase se aplică azot sub formă de uree dizolvată în soluţia de erbicid sau în soluţia preparatelor de prevenire a bolilor foliare şi respectiv de combaterea ploşniţei. Pe lîngă uree se pot adăuga cantităţi corespunzătoare de microelemente şi de substanţe fiziologic active cu scopul intensificării metabolismului plantelor. Această tehnică poate fi folosită şi în cazul tratării curative a unor dereglări ale metabolismului plantelor, provocate de insuficienţa sau de excesul unor elemente nutritive în plante.

La folosirea soluţiilor de uree şi a preparatelor complexe de stimulare a metabolismului plantelor prin aplicarea pe frunze se acordă atenţie compatibilităţii fizice si chimice a acestora cu soluţia substanţelor fitofarmaceutice folosite (erbicide, insecticide).

Concentraţia ureei în soluţia de pesticid se diferenţiază în raport cu planta de cultură şi temperatura aerului. Astfel, la grîul şi orzul de toamnă aflate în faza de formare a paiului, concentraţia de uree admisă este de 8% la temperatura de 15°C şi de 6% cînd temperatura este de 20°C. Alte culturi (porumbul, floarea-soarelui, cartoful, soia, tomatele şi altele) nu tolerează ureea pe frunze dacă se depăşeşte concentraţia de 2,5% în soluţie.

Fertilizarea aplicată pe plante cu soluţii de uree şi preparate complexe de stimulare metabolică se caracterizează prin grade de utilizare aparentă a elementelor nutritive foarte ridicate.

Indici tehnici privind calitatea lucrărilor de fertilizare

a) Uniformitatea distribuţiei îngrăşămintelor pe suprafaţa solului nu trebuie să fie sub 80%, astfel încît variaţia dozei de substanţă activă efectiv aplicabilă să difere cu cel mult 12% faţă de cea normală. O asemenea cerinţă este uşor realizabilă în cazul îngrăşămintelor lichide, care sînt ideal distribuite cu ajutorul maşinilor de stropit.

În cazul îngrăşămintelor solide, uniformitatea depinde în mare parte de starea lor fizică (diametrul granulelor sau cristalelor, umiditatea, adezivitatea şi însuşirea de „curgere" liberă din vrac). Dacă îngrăşămîntul are o stare fizică corespunzătoare, uniformitatea aplicării lui se realizează prin jalonarea fiecărui parcurs de înaintare a agregatului, reglarea debitului şi funcţionarea dispozitivului de distribuţie la parametrii stabiliţi.

Reglarea debitului de distribuţie se face în funcţie de viteza de înaintare a agregatului, de lăţimea de lucru, de doza de substanţă activă de aplicat şi de conţinutul de substanţă activă din îngrăşămînt, cu ajutorul relaţiei:

$$Q = \frac{V \cdot L \cdot D}{10\,000 \cdot Cs}, \text{ kg sau litri/min,} \qquad (8.9)$$

în care:

Q este debitul de îngrăşămînt, kg sau l/min; V — viteza de înaintare a agregatului, m/min; L — lăţimea de lucru a agregatului, în metri; D — doza de substanţă activă propusă a se aplica, kg/ha; Cs — conţinutul de substanţă activă în îngrăşămînt, kg s.a./kg sau litru îngrăşămînt substanţă fizică.

Scanned with OKEN Scanner

Gradul de utilizare aparentă de către culturi, în anul de fertilizare, a substanțelor active din îngrășămintele distribuite uniform pe suprafață și incorporate în sol la adîncimile corespunzătoare arăturii, sau prin lucrarea cu grapa cu discuri ori cultivatorul, reprezintă în medie 40—50% pentru azot, 15—20% pentru P_2O_5 și 55—60% pentru K_2O.

b) La fertilizarea de pornire în vegetație, executată în benzi concomitent cu arătura sau cu semănatul, precum și la fertilizarea cu azot executată o dată cu lucrarea solului pe intervalul dintre rînduri, uniformitatea distribuției îngrășămintelor este controlată atît pe lățimea totală de lucru a agregatului cît și a fiecărei secții în parte. Uniformitatea distribuției îngrășămîntului pe lățimea de lucru a agregatului trebuie menținută la minimum 88%, iar a fiecărei secții (dispozitiv) componente la minimum 85%.

Stabilirea debitului de îngrășămînt pe agregat și pe fiecare secție se poate face cu formula 8.9.

Gradul de utilizare aparentă de către plante a substanțelor active din îngrășămintele aplicate în benzi concomitent cu arătura, cu semănatul sau în timpul vegetației cu prilejul lucrărilor de întreținere este mai ridicat decît la aplicarea uniformă pe toată suprafața, situîndu-se la 55—60% pentru azot și 18—25% pentru P_2O_5.

c) La aplicarea pe plante a soluțiilor de îngrășăminte, o dată cu lucrările obligate de combatere a buruienilor, bolilor și dăunătorilor, sau cu irigația prin aspersiune, uniformitatea aplicării se asigură de mașinile de aplicare a tratamentelor fitofarmaceutice sau de instalația de irigare. Gradul de utilizare aparentă a substanțelor nutritive este peste 60%, conferind acestei fertilizări o eficiență economică foarte ridicată.

Debitul mediu (Qm) de îngrășămînt lichid cu azot fără tensiune de vapori de amoniac (tipul A 300) în apa de irigație se stabilește cu formula:

$$Qm, \text{ litri/minut} = \frac{C_{PN} \cdot D_p}{C_{TN}}, \qquad (8.10)$$

în care:

C_{PN} este concentrația de azot permisă în apa de irigare aspersată pe plante (0,003 kg/l la îngrășămîntul lichid A-300 și 0,006 kg/l în cazul soluțiilor de uree); D_p — debitul de punere sub presiune a instalației de irigare, în care se introduce îngrășămîntul lichid, l/minut; C_{TN} — concentrația totală a azotului în îngrășămîntul lichid (C_{TN} = 0,425 kg N/l la îngrășămîntul de tip A 300 și 0,095 kg/l la soluții saturate de uree la 20°C).

Timpul de funcționare T_f a pompei dozatoare sau a altui dispozitiv de injectare a îngrășămîntului lichid în apa de irigație se stabilește cu formula:

$$T_f, \text{ minute} = \frac{S \cdot D_N}{C_{PN} \cdot D_p}, \qquad (8.11)$$

în care:

S reprezintă suprafața care se fertilizează și irigă de către instalație (ha); D_N — doza de azot ce trebuie aplicată, kg N/ha.

Utilajele folosite pentru aplicarea îngrășămintelor

a) Pentru fertilizarea cu îngrășăminte organice se folosesc următoarele utilaje:

— Încărcător pivotant cu greifer (IPG-0,5) prevăzut cu furca mare pentru încărcarea gunoiului de grajd din platformă în bena mașinii de aplicat (MIG-5 sau MIG-6). Agregatul, format din tractor și IPG-0,5, deservește 2—3 mașini MIG-3, avînd o productivitate de 36,6 t oră.

Scanned with OKEN Scanner

— Maşina de împrăştiat gunoi de grajd MIG-5 sau MIG-6 cu capacitatea benei de 4 m³ şi, respectiv, 4,8 m³. Lucrează în agregat cu tractorul U-650. Se foloseşte pe terenuri cu panta pînă la 6°, are productivitatea 1,75 ha/schimb la o normă de 20 t/ha gunoi şi de 0,55 ha/schimb la norma de 70 t/ha gunoi, în ambele situaţii distanţa de transport de la platformă la locul de aplicare nedepăşind 2 km.

b) Pentru aplicarea amendamentelor şi fertilizarea cu îngrăşăminte solide produse industrial se folosesc utilajele:

— Maşina de sfărîmat şi cernut îngrăşăminte chimice solide aglomerate (MSIC), obţinîndu-se granule cu diametrul mai mic de 4 mm. Lucrează în staţionar, acţionată de tractorul U-650 sau U-445. Capacitatea buncărului este de 0,4 m³, iar productivitatea de 80 t/schimb în cazul azotatului de amoniu şi 75 t/schimb în cazul sulfatului de amoniu.

— Încărcător pivotant cu greifer (IPG-0,5) prevăzut cu cupă mare pentru încărcarea amendamentelor şi îngrăşămintelor chimice solide aflate în vrac, în buncărul maşinii de aplicat (MIA-3,3). Are o productivitate de 45 t/oră.

— Încărcător de îngrăşăminte pentru avioane (IIA) montat frontal pe tractorul U-650, cu cupa mare de 1,24 m³. Timpul de încărcare a buncărului avionului este de circa 9 minute.

— Maşina de aplicat amendamente şi îngrăşăminte chimice (MIA-3,5) are capacitatea de 3,5 m³ şi o productivitate de 74,7 ha/schimb pentru azotatul de amoniu şi 36,6 ha/schimb pentru superfosfat. Productivitatea în cazul amendamentelor este de 12,6 ha/schimb.

c) Pentru aplicarea îngrăşămintelor lichide cu azot de tip A-300 (URAN), a soluţiilor de uree sau de îngrăşăminte complexe foliare se folosesc utilajele:

— Remorcă cisternă tip RCU-4 şi RC-3,6 sau autocisterne pentru transportul îngrăşămîntului de la vagoanele cisternă CFR la locul de depozitare.

— Maşini de aplicat erbicide prin stropire uniformă de tip MET-2500, MET-1200, EEP-600 şi EEP-800 care pot fi folosite la aplicarea pe sol a îngrăşămintelor lichide cu azot de tip A-300, înainte de însămînţare sau o dată cu lucrările obligate de erbicidare şi de întreţinere (praşile). La aceste utilaje este necesar să se înlocuiască dispozitivele şi reperele construite din materiale corozive cu altele confecţionate din aluminiu sau material plastic.

Eficienţa fertilizării pentru producţii mari. Sporurile specifice de recoltă (kg spor de recoltă pe kg de substanţă activă complexă din îngrăşăminte) pe care le determină fertilizarea cu doze optime economice, cresc o dată cu recoltele obţinute, iar la acelaşi nivel al producţiilor cresc întrucîtva dinspre solurile bine spre cele mijlociu şi slab asigurate iniţial cu substanţe nutritive mobile. Date medii privind variaţia sporurilor specifice de recoltă la grîu şi la porumb în cazul fertilizării echilibrate cu *DOE*, în cadrul tehnologiilor de cultură intensivă a acestor plante, se dau în tabelul 8.3. Pe soluri cu fertilitate mijlocie, cu indicii agrochimici la nivelul mediei

Tabelul 8.3

Eficienţa fertilizării pentru producţii mari la cîteva culturi

Cultura	Recoltă kg/ha	kg spor recoltă/ kg de NPK	Valoarea sporului/1 leu cheltuit cu fertilizarea, lei
Floarea-soarelui	2 000	2,7	1,96
	3 000	3,8	2,10
	4 000	4,3	2,16
Soia	2 000	3,2	1,58
	3 000	5,1	2,55
	4 000	6,3	3,20
Sfecla de zahăr	40 000	48,0	3,95
	60 000	58,0	3,65

Scanned with OKEN Scanner

ponderate pe țară ($pH = 6,5$; $P_{AL} = 25$ ppm; $K_{AL} = 150$ ppm și $IN = 2,0$), sporurile specifice de recoltă ce revin la 1 kg de substanță activă complexă la alte culturi de cîmp, la care se aplică tehnologiile intensive, se prezintă în tabelul 8.4.

Tabelul 8.4

Sporuri* specifice de recoltă (kg spor/kg s.a. complexă din îngrășăminte industriale) în condițiile fertilizării echilibrate cu *DOE* la cultura grîului și porumbului

Cultura	Recolta kg/ha	Fertilitatea solului		
		neadecvată	mijlocie	superioară
GRÎU	5 000	12,1	11,6	11,0
	6 000	12,9	12,4	11,8
	7 000	13,6	13,0	12,4
	8 000	13,9	13,4	12,9
PORUMB	6 000	9,1	8,5	8,3
	7 000	9,5	8,9	8,7
	8 000	9,8	9,2	8,9
	9 000	10,1	9,4	9,0
	10 000	10,2	9,5	9,3
	11 000	10,3	9,7	9,4
	12 000	10,4	9,8	9,5

* din evaluările medii pe țară ale Institutului de Economie Agrară.

Efectul fertilizării organice se concretizează printr-un spor specific global (pe toată durata de efect) de minimum 70 kg-unități cereale pe tona de gunoi de grajd bine fermentat.

Protecția muncii la lucrările de fertilizare. Este obligatorie instruirea personalului muncitor în vederea cunoașterii utilajelor, a modului lor de funcționare, a normelor de protecția muncii specifice fiecărui utilaj. Se elimină corpurile străine (pietre, bucăți de metal, saci de la ambalaj) din îngrășămintele organice sau industriale solide, care pot accidenta personalul muncitor în timpul lucrului și deteriorează utilajele.

Echipamentul de protecție se poartă obligatoriu pe toată durata lucrului: salopetă (combinezon, șorț), mască (ochelari), mănuși și cizme de cauciuc, în funcție de specificul îngrășămintelor și mod de aplicare. Înainte de servirea mesei și la sfîrșitul zilei de lucru, personalul muncitor se spală obligatoriu cu apă curată pe față și pe mîini.

8.5. PRINCIPII DE APLICARE A ÎNGRĂȘĂMINTELOR LA POMI ȘI ARBUȘTI FRUCTIFERI

Spre deosebire de culturile de cîmp, pomii și arbuștii fructiferi rămîn pe același loc 10—50 de ani, de aceea condițiile folosirii îngrășămintelor sînt deosebite de cele ale culturilor de cîmp. O anumită atenție privind fertilizarea se impune atît la plantarea pomilor cît și în perioada creșterii și intrării lor pe rod.

La stabilirea sistemului de fertilizare se ține seama de particularitățile speciei în privința nutriției, de sol, vîrsta plantației, prognoza producției de fructe și de factorii climatici. Efectul îngrășămintelor se manifestă nu atît în anul aplicării lor ci mai ales în anii următori.

Scanned with OKEN Scanner

Particularităţile nutriţiei pomilor şi arbuştilor. Speciile pomicole sînt pretenţioase la condiţiile de sol (aerisire, umiditate, temperatură, conţinutul în calcar activ, aprovizionarea corespunzătoare cu substanţe nutritive etc.). Sensibilitatea lor variază în funcţie de specie, soi, portaltoi, fază de vegetaţie, vîrsta pomului.

O mare importanţă în legătură cu aplicarea îngrăşămintelor are sistemul radicular. Acesta este mai profund la păr decît la măr, iar la vişin, cireş şi prun este mai puţin profund. Rădăcinile se ramifică în jurul trunchiului pe o rază mai mare decît aceea a coroanei, ajungînd aproape la 2 m la pomii în vîrstă de 3 ani şi la aproape 4 m, la cei de 7—8 ani. Cea mai mare ramificare a rădăcinilor este la 80—90 cm adîncime, densitatea lor maximă fiind în zona proiecţiei coroanei. Aceasta sugerează locul unde trebuie introduse îngrăşămintele cu mobilitate scăzută (fosfor, potasiu) spre a-şi manifesta efectul aşteptat. Activitatea rădăcinilor durează mai mult decît la culturile anuale, iar volumul mare de sol explorat explică producţiile ridicate ce se obţin pe soluri nu prea bogate în elemente nutritive.

Aerisirea solului constituie un factor important al dezvoltării sistemului radicular. Solurile cu textură lutoasă sau luto-nisipoasă sînt optime dezvoltării sistemului radicular. Porozitatea scăzută şi submersiunea limitează ramificarea rădăcinilor, ceea ce se răsfrînge negativ asupra producţiei şi longevităţii pomilor. Excesul de umiditate micşorează transpiraţia, fotosinteza şi suprafaţa frunzelor, accelerează respiraţia şi scade acumularea de glucide. Prezenţa oxigenului în proporţie de 15—20% din volumul gazelor existente în porii solului sporeşte absorbţia specifică a elementelor nutritive chiar peste cerinţele plantelor (O b e r l y şi B o y n t o n, 1965). Umiditatea normală contribuie în mare măsură la valorificarea îngrăşămintelor.

Legat de excesul de umiditate este uneori asociat excesul de săruri solubile. Un conţinut total de săruri peste 2 me/100 g sol în stratul 0—100 cm, peste 3 me/100 g sol în stratul 100—150 cm şi mai mult de 5 me/100 g sol la adîncimea de 3 m este nefavorabil dezvoltării pomilor. De asemenea. excesul de sodiu schimbabil în complexul adsorbtiv este dăunător.

Faţă de reacţia solului, speciile pomicole au următoarea comportare:
— preferă mediul neutru: cireşul, vişinul, caisul, piersicul şi prunul;
— se comportă bine pe soluri slab acide: mărul, părul, agrişul şi coacăzul;
— suportă bine reacţia acidă: zmeurul şi fragii.

Excesul de $CaCO_3$ în sol induce cloroza calcară (cloroza ferică), la apariţia căreia contribuie şi alţi factori: reacţia alcalină, un conţinut ridicat de HCO_3^- în soluţia solului, insolubilizarea unor microelemente în mediul alcalin, argilozitatea etc. Scăderea accesibilităţii Fe^{2+} la pH peste 7,5 se datoreşte reacţiilor acestuia cu $CaCO_3$ şi $Ca(HCO_3)_2$:

$$2Fe^{2+} + [Ca(HCO_3)_2 + O_2 \rightleftharpoons 2FeCO_3\downarrow + Ca(OH)_2;$$

$$4FeCO_3\downarrow + [Ca(HCO_3)_2 + O_2 \rightleftharpoons 2Fe_2(CO_3)_3 + [Ca(OH)_2;$$

$$Fe_2(CO_3)_2 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe_2O_3 + [3H_2CO_3$$

Fracţiunea din $CaCO_3$ total solubilizabilă în soluţia solului în anumite condiţii de mediu, ce contribuie la inducerea clorozei calcare, a fost numită „calcar activ" (D r u i n e a n u, 1943). Dozarea acestei fracţiuni în extract de sol cu soluţie de oxalat de amoniu 0,2 n (% $CaCO_3$) şi a ferului solubil în aceeaşi soluţie (ppm Fe) permite calculul indicelui puterii clorozante a solului (*IPC*):

$$IPC = (CaCO_3 \text{ activ} \cdot 10^4) : Fe^2. \qquad (8.12)$$

Valori ale indicelui puterii clorozante peste 5 indică probabilitatea apariţiei clorozei în anii favorabili acesteia, iar la valori peste 30—40, cloroza calcară poate apărea şi în anii nefavorabili. Limitele de interpretare a acestui indice depind de specie, soi şi portaltoi. Un conţinut peste 10—15% $CaCO_3$ activ în straturile intermediare

Scanned with OKEN Scanner

ale profilului de sol constituie un obstacol în alungirea rădăcinilor (G r a s, 1960). Părul altoit pe franc se adaptează mai bine la terenuri calcaroase, în timp ce piersicul nu suportă terenuri argiloase, puțin aerisite și cu conținut ridicat de $CaCO_3$ activ. La cireș altoit pe mahaleb, cloroza calcară se manifestă mai ales în anii cu primăveri secetoase și răcoroase.

La măr, corectarea reacției acide prin amendamente pînă la *p*H 5,0 (dozat în suspensie de $CaCl_2$ 0,01 M/l) favorizează creșterea pomilor. Excesul de aluminiu și mangan în soluția solului contribuie la slaba dezvoltare a acestora, toxicitatea aluminiului manifestîndu-se începînd de la 5.10^6 M/l în extractul de sol saturat (K o t z e și colab., 1976; 1977; 1980). Mecanismul prin care unele specii tolerează excesul de aluminiu rămîne puțin cunoscut. S-a presupus posibilitatea schimbării *p*H-ului în zona rizosferei, reținerea Al^{3+} în rădăcini și capacitatea plantei de a absorbi și metaboliza alte elemente (în special P și Ca) în prezența excesului de Al^{3+} (F o y, 1974). „Boala petelor amare" (B i t t e r p i t) ce apare ca niște ciupituri brune pe fruct este favorizată de excesul de Al^{3+} și insuficiență de Ca^{2+}. Aplicarea amendamentelor micșorează incidența acestei boli la măr.

Cerințele pomilor față de substanțele nutritive trebuie examinate pe de o parte prin prisma ciclului lor biologic, pe de alta prin cerințele lor în diverse faze anuale de vegetație.

Sub aspectul ciclului lor biologic, pomii fructiferi parcurg *două perioade:* una de tinerețe sau de creștere și alta de maturitate sau de fructificare. În perioada de tinerețe, plantele trebuie să găsească în sol toate elementele necesare nutriției lor, în special azot, deoarece acesta ajută la creșterea rapidă a organelor aeriene. Rădăcina se dezvoltă puternic încît poate depăși greutatea părții aeriene, la formarea acesteia un rol de seamă avînd azotul din frunze. O bună nutriție cu azot în această perioadă nu constituie un obstacol în privința intrării normale a pomilor pe rod. Dimpotrivă, aplicarea rațională a îngrășămintelor concomitent cu tăierile de formare a coroanei contribuie la intrarea normală a pomilor pe rod, cu potențial ridicat de fructificare.

În perioada de maturitate, nevoile pomilor în elemente nutritive se accentuează, deoarece paralel cu cerințele lor pentru formarea aparatului vegetativ apar și cele necesare formării fructelor. Insuficiența elementelor de nutriție constituie principala cauză a periodicităților de rodire, datorată utilizării acestora numai la formarea rodului, realizarea formațiunilor vegetative pentru rodul din anul următor fiind neglijată. De aceea, în anii cu rod bogat pomii fructiferi au nevoie de cantități sporite de elemente nutritive spre a asigura atît menținerea și formarea fructelor cît și a formațiunilor vegetative ce asigură rodul în anii următori. Îngrășămintele previn apariția periodicităților de rodire și lungesc viața plantației. Un rol esențial au în această privință îngrășămintele cu azot, care contribuie în cea mai mare măsură la formarea organelor vegetative.

Folosirea îngrășămintelor în raport cu fazele anuale de vegetație are implicații în legătură cu fructificarea. În ciclul biologic anual se deosebesc trei faze, fără a fi strict individualizate: de creștere vegetativă; de elaborare a formațiunilor de rod pentru anul următor; de repaus vegetativ.

În faza creșterilor vegetative anuale este nevoie de toate elementele nutritive, dar mai ales de azot care asigură creșterea lăstarilor, formarea aparatului foliaceu, începerea formării fructelor și a formațiunilor de rod pentru anul următor. Insuficiența de azot în această fază favorizează căderea fructelor și apariția periodicității de rodire în anul următor. Excesul de azot prelungește faza creșterilor vegetative în defavoarea realizării formațiunilor de rod, glucidele și alți produși de sinteză clorofiliană fiind consumați pentru creșterea organelor lemnoase. În acest fel se explică slaba diferențiere a mugurilor de rod în cazul dozelor mari de îngrășăminte cu azot aplicate primăvara. Intensitatea maximă de absorbție a substanțelor nutritive se află în epoca înfloririi, în această perioadă perii radiculari atingînd cea mai mare dezvoltare numerică.

Scanned with OKEN Scanner

În faza ce urmează după încetarea creşterii lăstarilor în lungime, apare al doilea maximum de creştere a rădăcinilor dacă sînt condiţii favorabile de umiditate, se continuă realizarea formaţiunilor de rod, are loc creşterea trunchiului, a ramurilor şi rădăcinilor, în acestea fiind depozitate substanţe de rezervă (glucide, lipide, protide) necesare pornirii vegetaţiei în anul următor. Se acumulează o fracţiune importantă din totalul necesar de fosfor şi potasiu pentru formarea fructelor şi creşterea rezistenţei pomilor la îngheţ.

În faza de repaus vegetativ rădăcinile absorb ioni de NO_3^- dacă temperatura este peste 0°C, care sînt transferaţi primăvara spre partea aeriană, cu implicaţii pozitive asupra fecundării florilor.

Durata primelor două faze ale ciclului biologic anual depinde de specie. La măr, păr şi prun, faza creşterilor vegetative şi formarea rodului este relativ lungă, mai ales la soiurile tîrzii, pomii folosind la formarea recoltei atît elemente din îngrăşămintele aplicate toamna sau în timpul iernii, cît şi din cele aplicate la sol sau prin stropiri foliare primăvara şi vara. La cireş, vişin şi la unele specii de arbuşti faza aceasta este scurtă, rolul important în formarea recoltei avîndu-l fertilizarea din iarnă şi vară.

Slaba afinitate dintre altoi şi portaltoi poate da naştere la o nutriţie nesatisfăcătoare, favorizînd fenomenul de cloroză calcară. La părul altoit pe gutui se constată un procent dublu de plante clorotice comparativ cu altoirea pe franc (L a l l a t a, 1964).

Aprecierea nevoii de îngrăşăminte la pomi şi arbuşti. Un prim criteriu de apreciere a cantităţii de îngrăşăminte la pomii fructiferi este restituirea substanţelor nutritive pe care aceştia le extrag în scopul formării recoltei. Potrivit datelor lui M a g n e s s şi R e g e i m b a l (1949), un pom în vîrstă de 25 ani din livezi clasice de măr îndepărtează anual din sol 0,681 kg N, ceea ce revine la 272 kg N/ha în cazul unei densităţi de 400 pomi/ha. Din această cantitate se reîntorc în sol circa 172 kg N prin căderea florilor şi frunzelor, 91 kg rămîn în lăstari, ramuri şi rădăcini, iar restul de circa 54 kg N/ha se exportă o dată cu recolta. În cazul fosforului, tot la măr pe rod cu aceeaşi densitate a pomilor la hectar se consumă anual circa 91 kg P, din care jumătate se află în frunze şi fructe, iar restul în rădăcini şi în sistemul vegetativ aerian. Cantitatea totală de potasiu absorbită anual de pom este cam de acelaşi ordin de mărime cu azotul (0,726 kg K_2O), după alţii fiind dublă, cu observaţia că fructele sînt mult mai bogate în K decît în N, iar în lemn se află mai puţin potasiu decît azot.

Lăstarii anuali conţin 0,57% N, 0,10% P_2O_5 şi 0,47% K_2O, pe măsura îmbătrînirii lemnului conţinutul scăzînd, lemnul de cinci ani avînd 0,25% N, 0,05% P_2O_5 şi 0,28% K_2O, ceea ce înseamnă mai puţin de jumătate din primele valori (B a t l e r şi colab., citaţi de I a z v i ţ k i i, 1965).

Potrivit datelor lui A n d r e w s (SUA), cu recolta de 220 q mere la hectar se exportă 22 kg N, 7,8 kg P_2O_5 şi 33,6 kg K_2O, ceea ce nu înseamnă prea mult prin comparaţie cu culturile de cîmp. Datele din literatură variază evident, în funcţie de sistemul de cultură şi de alţi factori. Cu cît solul este mai fertil, pomii se dezvoltă mai viguros, producţiile sînt mai ridicate, iar cantităţile de substanţe nutritive extrase sînt mai mari. Valorile medii privind consumul de elemente la pomi şi arbuşti sînt prezentate în tabelul 8.5. În anii secetoşi, absorbţia potasiului este mult mai scăzută comparativ cu cei bogaţi în precipitaţii, frunzele fiind mai sărace în potasiu în anii secetoşi. La pomii tineri consumul anual variază în limite largi, în funcţie de specie: 6—44 kg N, 2—7 kg P_2O_5, 6—35 kg K_2O (după D e m i n î m, 1982). Raportul elementelor N: P_2O_5: K_2O la pomii pe rod este cuprins între limitele 3:1:3 şi 3:1:4, ceea ce demonstrează importanţa îngrăşămintelor cu azot şi potasiu în creşterea şi formarea recoltei.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8.5

Consumul de elemente nutritive (kg) pentru formarea recoltei de fructe la pomi şi arbuşti (date din literatură citate de R u b i n)

Specia	Recolta q/ha	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Măr	615	67	18	71	73	30
Păr	220	34	8	38	43	12
Gutui	210	52	17	66	74	22
Piersic	234	85	20	82	129	40
Prun	98	35	10	43	47	14
Fragi	108	156	34	184	—	—
Coacăz negru	73	63	25	34	94	—
Agriş	180	79	40	123	96	—

Exportul de substanţe nutritive cu recolta este un criteriu orientativ în aprecierea mărimii dozelor de îngrăşăminte. De mare importanţă este conţinutul solului în elemente nutritive, forme accesibile plantelor, şi nivelul recoltelor scontate. Pentru realizarea de producţii stabile şi menţinerea longevităţii plantaţiei, solul trebuie să conţină suficiente forme accesibile de elemente minerale în straturile cu maximum de rădăcini (vezi tabelul 6.2). În funcţie de recolta scontată de fructe, de indicele azot şi de conţinutul solului în P şi K, forme solubile în reactivul *AL*, poate fi stabilită, cu suficientă aproximaţie, doza optimă de îngrăşămînt, cum s-a menţionat în capitolul 7. Pot fi acceptate şi recomandările staţiunilor de cercetări pomicole pe baza propriilor lor rezultate experimentale. Cînd se utilizează metoda dozării azotului mineral din sol *(metoda Nmin)*, probele de sol se recoltează din spaţiile erbicidate dintre rîndurile de pomi, în cele înierbate de pe rîndurile de pomi fiind puţin azot mineral datorită consumării acestuia de către speciile ierboase (S c h a r p f şi W e h r m a n, 1979).

Analiza ţesuturilor verzi (de obicei frunze) poate servi ca mijloc auxiliar de apreciere a nevoii aplicării îngrăşămintelor la pomi şi arbuşti (vezi tabelul 6.5). La măr creşterea organelor vegetative are loc în urma aplicării îngrăşămintelor cu azot pînă cînd în frunze se atinge un conţinut de circa 2,2% N. La depăşirea acestui conţinut, creşterea organelor vegetative nu mai are loc, deşi conţinutul procentual de azot din frunze se măreşte. La peste 2,4% N în frunze este influenţată negativ calitatea furctelor (coloraţia, rezistenţa în timpul manipulării şi păstrării etc). Cînd conţinutul frunzei scade sub 1,65% N, creşterea organelor vegetative se micşorează evident, frunzele devin verde-palid (W o o d b r i d g e şi colab., 1961). Limitele optime privind conţinutul frunzelor în diverse elemente de nutriţie variază de la o specie la alta (tab. 8.6). Insuficienţele de fosfor se întîlnesc rar.

Coroborarea datelor de analiza solului cu cele privind testul ţesuturilor verzi constituie mijlocul cel mai sigur de utilizare a unui sistem echilibrat de fertilizare.

Aplicarea îngrăşămintelor în pepiniere. Pepinierele de pomi cuprind trei sectoare: 1) sectorul de înmulţire a portaltoilor şi a soiurilor de arbuşti (şcoala de puieţi de un an; cîmpul de înmulţire a portaltoilor din butaşi, cu durata de 1—2 ani; cîmpul de obţinere a arbuştilor din butaşi, cu durata de 1—2 ani); 2) sectorul de producţie a pomilor altoiţi (cîmpurile I, II şi III); 3) sectorul plantaţiilor-mamă, ce asigură seminţe pentru producerea portaltoilor, marcote-portaltoi, stoloni de căpşuni etc.)

Terenul destinat pepinierei se cultivă 2—3 ani cu specii de plante ierboase anuale într-o rotaţie. Pentru ridicarea fertilităţii sale se aplică 30—100 t/ha îngrăşăminte organice, la care se adaugă 60—120 kg P_2O_5 şi 60—120 kg K_2O/ha, în funcţie de aprovizionarea solului în elementele P şi K. Îngrăşămintele se

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8.6

Conținutul optim de elemente nutritive în frunzele cîtorva specii de pomi fructiferi (procente față de substanță uscată, în luna iulie—august) *

Specia	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	B ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm	Mo ppm
Măr	1,6—2,4	0,13—0,22	1,00—1,82	0,86—1,79	0,15—0,30	20—50	40—280	21—125	15—80	5—20	0,1
Păr	2,0—2,5	0,12—0,25	1,00—2,00	> 1,25	> 0,30	20—150	> 40	> 30	> 20	2—20	—
Piersic	3,8—4,0	0,18—0,26	1,41—2,91	0,60—0,65	0,44—0,54	17—40	60—400	20—100	15—50	7—16	—
Cais	3,0—3,6	0,18—0,26	1,67—2,16	0,59	0,8 —1,5	20—80	60—140	25—100	86—94	3—20	—
Cireș	2,6—3,0	0,18—0,22	1,60—2,10	1,62—2,60	0,49—0,74	38—54	119—123	44—60	—	8—28	—
Prun	2,1—2,5	0,16—0,22	1,67—2,08	0,9 —3,0	0,3	20—160	195	30— 70	29	5—57	—
Lămîi	2,2—2,8	0,12—0,19	1,0 —1,8	3,0 —3,7	0,2 —0,7	25—200	60—150	24—100	25—50	4—15	0,1—0,4

* Date după autorii: Fiedler, 1963; Chapman, 1967; Weeks, 1966; Semenjuk, 1975; Kondavok, 1973; Christiensen, 1968.

Scanned with OKEN Scanner

încorporează în sol la 30—40 cm adîncime pe cernoziomuri și la 20—30 cm pe podzoluri, în ultimul caz efectuîndu-se afînarea solului cu subsolierul atașat la plug. Tot în această perioadă se pot aplica și amendamentele pe soluri acide, jumătate din doză toamna, înainte de arat, și cealaltă jumătate primăvara, înainte de lucrarea cu cultivatorul.

În toamna anului în care urmează instalarea școlii de puieți se aplică din nou 20—50 t/ha gunoi semidescompus, 60—90 kg P_2O_5 și 60—90 kg K_2O/ha. Limitele superioare ale dozelor menționate sînt recomandate pe podzoluri și soluri slab aprovizionate cu elementele N, P și K, iar limitele inferioare pe cernoziomuri și soluri cu conținut optim în forme accesibile de P și K. Concomitent cu semănatul se pot aplica 20 kg P_2O_5/ha lateral față de rîndul de sămînță și la adîncime cît mai mare posibil. Nu se aplică și îngrășăminte cu azot cu acest prilej, deoarece pot dăuna plantelor tinere. După răsărirea plantelor, cînd au 3—4 frunze, se pot aplica 30—40 kg N/ha ca azotat de amoniu. Aceeași doză se poate repeta la 2—3 săptămîni după prima. Fertilizarea cu azot se poate face și prin irigare, folosind soluții de concentrație 0,10—0,15%. În același scop se poate utiliza tulbureala de bovine, fermentată, diluată de circa 5 ori și aplicată printre rîndurile de puieți la adîncimea de 4—5 cm. Aceasta înseamnă 10—15 t/ha. Se poate folosi și gunoi de păsări, tot fermentat, diluat cu apă în proporție de o parte gunoi la două părți apă, lăsat cîteva zile, apoi diluat din nou de circa 10 ori și aplicat în sol printre rînduri (se folosesc 0,8—1 t gunoi de păsări la hectar). Se intenționează realizarea în sol a 15—20 ppm P și 130—220 ppm K forme solubile în *AL*.

Terenul destinat obținerii pomilor altoiți se fertilizează fie direct cu 30—60 t/ha gunoi de grajd, sau această cantitate se aplică la cultura anuală premergătoare din asolament. Concomitent cu încorporarea gunoiului de grajd cu plugul subsolier, se introduc în sol 120—160 kg P_2O_5 și 120—150 kg K_2O/ha sub formă de îngrășăminte industriale. Îngrășămintele cu azot (30—40 kg N/ha) se aplică înainte de creșterea intensă a altoiului și se repetă aplicarea lor după cîteva săptămîni. Pe cîmpurile II și III se folosesc două fertilizări cu azot, una primăvara, înainte de pornirea vegetației (30—50 kg N/ha), și a doua, cînd puieții ating 10—15 cm înălțime, în aceeași doză.

Aplicarea îngrășămintelor la plantarea pomilor. În livezi, îngrășămintele se aplică în mai multe perioade. Se deosebește o fertilizare cu prilejul înființării livezilor și alta după plantarea pomilor și intrarea acestora pe rod.

Aplicarea îngrășămintelor cu prilejul înființării livezilor se referă pe de o parte la cele introduse în sol cu prilejul pregătirii terenului în vederea plantării, pe de alta, la fertilizarea ce se practică în momentul plantării.

În anul premergător plantării, terenul se ară la 40—65 cm adîncime cu plug special, iar pe soluri podzolice argiloase se adîncește arătura obișnuită cu 10—15 cm folosind subsolierul. Cu acest prilej se introduc în sol 40—120 t/ha gunoi de grajd și 600 kg P_2O_5 + 600 kg K_2O/ha sub formă de îngrășăminte industriale, spre a crea o rezervă de substanțe nutritive în stratul de sol cu distribuția maximă a rădăcinilor și a îmbunătăți însușirile fizice ale solului. Dozele se diferențiază funcție de conținutul de humus și de formele accesibile de fosfor și potasiu. O asemenea fertilizare constituie o rezervă pentru 10—12 ani la plantațiile de măr și păr. Dozele pot fi mai ridicate pentru plantațiile ce depășesc 1 250 pomi/ha (Ungureanu și colab., 1981). La soluri ce conțin 3—4% humus, moderat aprovizionate cu fosfor și potasiu, se aplică la arătura în vederea plantației 60 t/ha gunoi + 300 kg K_2O, iar la plantațiile intensive se dublează dozele. Sîmburoasele (prun, vișin, cireș) cer cantități mult mai mici (1/3) din cantitatea de îngrășăminte menționată mai sus.

Pe soluri luto-nisipoase se pot utiliza și îngrășăminte verzi înainte de plantare, încorporate în sol bine sfărîmate.

Unii specialiști apreciază că prin aplicarea îngrășămintelor organice și a celor industriale trebuie să se realizeze în stratul de sol desfundat circa 10—15 mg P_2O_5

Scanned with OKEN Scanner

și 30—50 mg K_2O/100 g sol, ceea ce presupune cantități foarte mari de îngrășăminte. Realizarea unor asemenea niveluri nu corespunde întotdeauna cu posibilitățile reale de valorificare a elementelor nutritive de către plante.

Fertilizarea organică și minerală înainte de plantare se poate face și în șanțuri deschise cu plugul, pe linia viitorului rînd de pomi, la adîncimea de 45—60 cm, după care gunoiul și îngrășămintele se acoperă cu buldozerul.

La plantarea pomilor în gropi săpate cu mașini speciale sau manual, se recomandă ca volumul acestora să fie de 0,5 m^3 la măr și păr, 0,3 m^3 la vișin și prun și 0,1 m^3 la arbuști, în gropi aplicîndu-se 10 kg mraniță și cîte 28 g N, P_2O_5 și K_2O la măr și păr, 6 kg mraniță și cîte 16 g N, P_2O_5 și K_2O la sîmburoase, iar la arbuști circa 0,7 kg mraniță și cîte 6 g N, P_2O_5 și K_2O. Se recomandă ca groapa să se astupe cu sol din orizontul arat, cu fertilitate ridicată, 2/3 din doza de îngrășămînt organic și mineral aplicîndu-se la fundul gropii iar restul în timpul umplerii acesteia. O astfel de aplicare a îngrășămintelor exclude anumite efecte nocive ale sărurilor asupra rădăcinilor puietului. Nu se recomandă gunoi de grajd sau compost nedescompus sau slab descompus, deoarece acesta fermentează lent în condiții anaerobe, cu producerea de compuși slab oxidați, toxici pentru plante. Pe soluri podzolice și pe cele podzolite, sărace în humus, cantitățile de gunoi putred și îngrășăminte minerale aplicate la groapă pot fi mai ridicate, chiar duble.

Practica introducerii rădăcinii puieților într-o mocirlă alcătuită din argilă si dejecții de cabaline sau taurine, înainte de plantare, are drept scop atenuarea tulburărilor de metabolism ce se produc prin transplantarea pomului. Gunoiul de păsări (10—20 kg la groapă pentru măr și păr) este cel mai indicat. Dacă nu se mocirlește, rădăcina pomului se ține cîteva ore în apă, iar după plantare se udă cu 20—30 l apă și se mulcește cu gunoi de grajd la suprafață.

Pregătirea terenului și aplicarea îngrășămintelor după rețetele menționate mai sus poate exclude fertilizările ulterioare plantării timp de 3—4 ani pentru livezile clasice.

Aplicarea îngrășămintelor în livezi tinere. În primii ani după plantarea puieților în livadă, spațiul dintre rîndurile de pomi poate fi cultivat cu cartof, fasole sau alte specii leguminoase, uneori specii furajere anuale sau chiar perene, în zone cu precipitații abundente. Are loc o valorificare superioară a terenului, fără a dăuna tinerilor pomi. Spațiul de pe rînduri sau din jurul pomilor se întreține ca ogor negru. În acest caz se impune o fertilizare a speciilor cultivate cu doze corespunzătoare speciei, condițiilor de sol și recoltelor scontate. Dacă solul are textură nisipoasă, printre rîndurile de pomi se pot cultiva specii utilizabile ca îngrășămînt verde.

Dacă nu s-a făcut fertilizarea la pomi înainte de plantarea în gropi, aceasta este necesară în primii ani după plantare. Se folosesc îngrășăminte organice și minerale. Aplicarea lor se face în brazde pe direcția rîndurilor de pomi, pe linia proiecției coroanei și pe curba de nivel. Se folosesc cantități de 30—40 t/ha gunoi de grajd semidescompus, 20—60 kg/ha substanță activă N, P_2O_5 și K_2O. Fertilizarea cu îngrășăminte organice se practică o dată la 2—3 ani, în funcție de posibilitățile de obținere a acestora. La pomii în vîrstă de circa 6 ani, fertilizarea în jurul pomului se face cu 30 kg gunoi de grajd semidescompus și cîte 35 g N, P_2O_5 și K_2O sub formă de îngrășăminte industriale.

Aplicarea îngrășămintelor în plantațiile pe rod. Întreținerea solului în livezile pe rod se poate face după mai multe procedee, care condiționează în mare măsură mărimea dozelor de îngrășăminte și metodele de aplicare ale acestora. În general, solul dintre rîndurile de pomi poate fi întreținut curat de buruieni prin lucrări mecanice și erbicidare, poate fi menținut înțelenit în cazul pantelor mari, se pot cultiva specii utilizabile ca îngrășămînt verde pe terenuri cu textură nisipoasă, materialul verde rezultat din cosire putînd servi drept mulci. În zona cernoziomurilor, cu precipitații insuficiente pentru anumite specii de pomi și acolo unde nu se practică

Scanned with OKEN Scanner

irigarea, se recomandă întreținerea intervalului ca ogor negru timp de doi ani, în cel de-al treilea putînd fi ocupat de specii utilizabile ca îngrășămînt verde.

Fertilizarea cu îngrășăminte organice se practică la cîțiva ani, ca fiind indispensabilă pe soluri ce conțin $CaCO_3$ liber de la suprafață, cu putere clorozantă ridicată. Substanțele cu însușiri chelatice, care rezultă din descompunerea gunoiului de grajd, favorizează accesibilitatea microelementelor devenite insolubile datorită mediului alcalin și prezenței în exces a calciului solubil. Mărimea dozelor se stabilește prin calcul în funcție de conținutul solului în humus. În general, în plantațiile pomicole întreținute prin lucrarea solului printre rînduri, există un bilanț negativ al substanței organice, care trebuie refăcut prin folosirea îngrășămintelor organice verzi sau provenite din zootehnie. În funcție de nivelul recoltelor scontate, de textură, de conținutul în humus și de gradul de saturație cu baze, de specie, dozele pot varia între 40—90 t/ha gunoi semifermentat la sămînțoase și șimburoase cultivate pe terenuri mecanizabile, foarte sărace în humus, și pînă la 15—20 t/ha la soluri foarte bogate în humus. Pe terenuri nemecanizabile dozele se măresc de 1,5 ori. La stabilirea dozelor de îngrășăminte organice pot fi utilizate relațiile de calcul din capitolul 7. Dozele se aplică o dată la 2—3 ani. Metoda bilanțului substanței organice poate oferi indicații prețioase în această privință.

Îngrășămintele cu azot contribuie în mod esențial la creșterea lăstarilor și a frunzelor, la mărimea și calitatea fructelor (P a s c, 1982). Dozele optime realizează un raport echilibrat între formațiunile de rod și cele vegetative, dacă tăierile anuale sînt judicios aplicate, evitînd periodicitățile de rodire.

În sistemele intensive și superintensive, cu peste 2 000 pomi la hectar, cu producții anuale de 45—90 t fructe, consumul de substanțe nutritive este foarte ridicat, fiind repartizat astfel: 43% în fructe, 35% în frunze, 13% în ramuri și tulpini și 9% în rădăcini (B r a n a s, 1973).

În livezile clasice dozele sînt mici în primii ani pînă la intrarea pe rod și mai mari ceva mai tîrziu. Mărimea dozelor se stabilește funcție de indicele de azot al solului, de recolta scontată, de specie. Ele pot ajunge la 150—180 kg N/ha la soluri foarte sărace în materie organică, în cazul culturilor de măr și de păr.

În livezile superintensive de măr, cu recolta de 50 t/ha fructe, se poate ajunge la doze de 200—300 kg N/ha, dacă există condiții climatice favorabile creșterii pomilor și valorificării îngrășămintelor. Piersicul este specia cu cele mai mari nevoi de îngrășăminte cu azot (tabelul 8.7), un exces de azot pentru pomi fiind rar întîlnit în practică. În condiții de irigare, producții ridicate nu pot fi realizate fără aplicarea a 150—180 kg N/ha, spre a se menține o fructificare regulată și longevitatea dorită plantației.

Referitor la epoca de aplicare, opinia generală este că îngrășămintele cu azot trebuie aplicate într-o singură repriză pe soluri cu textură lutoasă sau luto-argiloasă, adică iarna sau la sfîrșitul perioadei de repaus vegetativ; cînd se aplică în două reprize, 75% din doză se aplică înainte de pornirea vegetației, iar restul în prima jumătate a lunii iulie. Pe soluri cu textură nisipoasă sau nisipo-lutoasă, aplicarea

Doze orientative de îngrășăminte cu azot la livezi pe rod (kg N/ha)

Tabelul 8.7

Specia	Pînă la rodire	Recolte medii	Recolte mari	Specia	Pînă la rodire	Recolte medii
Măr	10	80	150	Coacăz negru	60	110
Păr	10	60	140	Agriș	50	80
Cireș	30	70	190	Căpșun	40	100
Vișin	50	100	160	Piersic	60	110
Prun	40	90	210			

Scanned with OKEN Scanner

dozei se poate face în trei reprize pentru evitarea spălărilor şi favorizarea dezvoltării formaţiunilor de rod.

Stropirile foliare cu soluţie de uree în concentraţie de 0,5—0,7% au efecte pozitive asupra formării rodului din anul în curs, aducînd sporuri de 10—40%, cît şi asupra realizării formaţiunilor de rod pentru anul următor. Se folosesc 5—7 stropiri în lunile iunie-iulie. Stropirile se fac seara sau dimineaţa pentru ca soluţia să nu se evapore repede. Dacă după 6 ore a plouat, nu este nevoie de repetarea stropirilor fertilizante.

Aplicarea în exces a îngrăşămintelor cu azot, neechilibrat cu altele, poate avea efecte negative: lungirea perioadei de maturare a fructelor, lipsa coloraţiei antocianice la fructele de măr şi piersic, creşterea acidităţii acestora şi a sensibilităţii plantelor la anumite boli *(Gleosporium)*, micşorarea rezistenţei fructelor la manipulare şi conservare (se intensifică activitatea respiratorie), scade conţinutul de vitamină C. Dozele echilibrate măresc viabilitatea sacului embrionar, asigurînd polenizarea florilor, contribuind la creşterea recoltei.

Aplicarea îngrăşămintelor cu fosfor. Datorită sistemului radicular profund şi bine ramificat, care explorează o mare masă de sol, pomii manifestă rar simptome ale insuficienţei de fosfor, mai ales cînd s-a folosit fertilizarea de rezervă înainte de plantare. Practica demonstrează, însă, că pe măsura creşterii dozelor de îngrăşăminte cu azot, trebuie realizat în sol un conţinut ridicat şi din alte elemente. Dozele pot fi calculate cu relaţiile indicate la subcap. 7.3. Orientativ pot fi folosite datele din tabelul 8.8. Îngrăşămintele se aplică o dată la 2—4 ani, în doze corespunzător mai mari, ca rezervă în sol.

Tabelul 8.8

Doze de îngrăşăminte cu P şi K aplicabile anual în livezi de pomi (kg/ha, după Ungureau şi colab., 1982)

Sistemul de întreţinere	Recolta scontată t/ha	Conţinutului solului în P şi K forme accesibile					
		Scăzut		Moderat		Ridicat	
		P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
Ogor negru	10	35— 45	45— 60	—	35— 45	—	—
Se aplică 30—40 t/ha gunoi de grajd la 3—4 ani, sau se folosesc îngrăşăminte verzi	10—20	—	—	35— 45	45— 60	—	35— 45
	20—30	45— 60	60— 90	45— 60	60— 75	30— 45	45— 60
	30—40	60— 75	90—120	60— 75	75— 90	45— 60	60— 90
	>40	75— 90	120—150	75— 90	90—120	60— 90	90—120
Înierbare printre rînduri	10	—	—	30— 45	45— 60	—	—
	10—20	45— 60	60— 75	45— 60	60— 75	45— 60	60— 75
	20—30	60— 75	75— 90	60— 75	75— 90	60— 75	75— 90
	30—40	75— 90	90—120	75— 90	90—105	75— 90	90—120
	>40	90—105	120—150	90—120	105—120	90—105	120—150

Problemă importantă, din punct de vedere practic, este adîncimea de aplicare. Aplicate înainte de efectuarea arăturii, îngrăşămintele cu fosfor rămîn parţial fără efect, deoarece ionii de ortofosfat migrează lent spre stratul inferior în care se află maximum de rădăcini, care ajung pînă la 1 m. S-a propus injectarea soluţiilor de îngrăşămînt în solul din jurul pomilor pe distanţe inferioare proiecţiei coroanei. Cel mai adesea, aplicarea se face sub formă solidă, în brazde adînci de 25—30 cm, plugul fiind prevăzut cu un cuţit ce taie rădăcinile fără a le deteriora şi cu dispozitiv

Scanned with OKEN Scanner

de amplasare a îngrășămintelor pe fundul brazdei (în Franța). La plantațiile intensive de măr, solul poate fi considerat bine aprovizionat cu fosfor dacă conține peste 22—26 ppm P solubil în reactivul *AL* (P a s c, 1980). Stropirile foliare cu fosfat monopotasic pot constitui o cale de prevenire a insuficiențelor de fosfor pe anumite soluri.

Aplicarea îngrășămintelor cu potasiu. Solurile României conțin suficient potasiu în forme accesibile, totuși se simte uneori nevoia aplicării îngrășămintelor cu potasiu. Acestea evită implicațiile negative ale dozelor mari de azot asupra calității fructelor. Insuficiența de potasiu influențează nefavorabil formarea mugurilor floriferi. Dozele (vezi tabelul 8.8) și modul de aplicare în sol sînt asemănătoare cu cele ale îngrășămintelor cu fosfor. La conținutul de 210 ppm K solubil în *AL*, se pare că la măr este necesară o doză de 80 kg K_2O/ha.

La arbuștii fructiferi, sensibili la excesul de clor, se recomandă sulfatul de potasiu.

Dozele echilibrate de potasiu măresc conținutul fructelor în zahăr, intensifică creșterea lăstarilor, cresc rezistența la ger prin acumulare de glucide.

În livezi se recomandă folosirea îngrășămintelor complexe.

Aplicarea îngrășămintelor cu microelemente. La o anumită vîrstă, pomii pot suferi de insuficiența anumitor microelemente. Frecvent se întîlnește insuficiența de bor la măr, păr, piersic, prun și chiar vișin. Lăstarii anuali au o slabă creștere, li se usucă vîrfurile, fructele rămîn mici, cu epiderma suberificată, producțiile sînt nesatisfăcătoare. Analiza foliară poate oferi indicații în această privință (vezi tabelul 8.6). Se efectuează cîteva stropiri cu soluții de borax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10\ H_2O$) de concentrație 1,8—2,0% substanță fizică. Insuficiențele de Zn, Mn, Cu, Fe, Mo întîlnite în special la sîmburoase (cireș, prun, piersic, vișin), dar și la măr și păr, se previn prin stropiri cu soluții apoase conținînd 0,5—1,5% $ZnSO_4 \cdot 7\ H_2O$, 1,8—2,0% $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$, 0,8—1,0% $MnSO_4$, 1,8—2,0% $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ sau 1% Na_2MoO_4, aplicate încă din primăvară. Se îmbunătățește atît nivelul cît și calitatea recoltei. Indicele puterii clorozante oferă indicații asupra probabilității apariției clorozei. De asemenea, pot fi folosite și preparate foliare care au fost prezentate la pag. 301.

Aplicarea substanțelor biologic active. Aplicate sub formă de stropiri foliare concomitent cu microelementele, unele pot favoriza dezvoltarea formațiunilor de rod pentru anul următor. Se folosesc în acest scop stropiri cu soluții 0,2% de N-dimetilaminosuccinamida (B_9) la 4—6 săptămîni după înflorire. Stropirile cu acid β-indolilacetic (10—15 mg/l), cu erbicidul 2,4—D (10—15 mg/l), cu Sevin sau Carbaril (insecticide) în timpul înfloririi, micșorează numărul de fructe (M i t u, 1973). Dimpotrivă, stropirile cu clorură de clorcolină, $ClCH_2—CH_2N(CH_3)_3Cl$, denumirea comercială Cycocel sau CCC, favorizează legarea fructelor. Un retardant de creștere recomandat pentru livezi superintensive este Alar 85, aplicabil tot prin stropiri foliare (2 000 ppm).

Pe soluri a căror aciditate a fost corectată prin aplicarea prafului de calcar poate apărea insuficiență de magneziu. Dolimita folosită ca amendament evită insuficiența de Mg și îmbunătățește conservabilitatea fructelor.

Aplicarea îngrășămintelor în plantații de arbuști. Plantațiile de arbuști durează 8—10 ani. Fertilizarea organică se face cu cantități stabilite pe baza producțiilor scontate și a conținutului de humus din sol. La înființarea lor se folosesc 20—30 t/ha gunoi de grajd semifermentat sau compost, pe solurile cu textură argiloasă dozele putînd fi mai ridicate. Concomitent se pot introduce și îngrășăminte minerale: 50—60 kg P_2O_5 și 40—60 kg K_2O/ha, în funcție de rezultatele analizelor agrochimice. Îngrășămintele se introduc sub brazdă. Primăvara se aplică și 50—90 kg N/ha. După plantare, în primul an nu se aplică alte îngrășăminte.

În timpul vegetației se aplică îngrășăminte organice o dată la 3—4 ani, la fundul brazdelor deschise între rînduri, concomitent introducîndu-se și îngrășăminte minerale cu P și K într-o doză de rezervă pentru 3—4 ani. Adîncimea brazdei nu trebuie

Scanned with OKEN Scanner

să depășească 10—15 cm spre a nu rupe rădăcinile. Îngrășămintele minerale cu azot se aplică primăvara. Gunoiul proaspăt sau compostul, în doze de 50—60 t/ha, îndeplinește și rolul de mulci. La zmeură și afin se recomandă îngrășăminte fără clor. Se pot aplica și stropiri foliare cu uree, sulfat sau fosfat de potasiu și microelemente, în dozele menționate mai sus, dacă plantele manifestă semne de insuficiențe nutritive.

8.6. PRINCIPII DE APLICARE A ÎNGRĂȘĂMINTELOR LA VIȚA DE VIE

Plantațiile de viță de vie au o durată de 30—40 de ani, fiind amplasate, funcție de podgorie, de multe ori pe terenuri în pantă, supuse eroziunii, cu conținut scăzut de materie organică. Monocultura, fără posibilitatea practicării unui asolament ca la culturile de cîmp, conduce la un bilanț negativ al substanței organice din sol; compoziția chimică și granulometrică a solului prin inversarea straturilor cu prilejul desfundării în vederea plantării, atrage atenția asupra unor măsuri de natură să contribuie la dezvoltarea echilibrată a plantației, spre a se obține producții superioare și de calitate ridicată.

Aplicarea îngrășămintelor se face ținînd cont de particularitățile de nutriție ale speciei sau soiului, de vîrsta și tehnologia de cultivare, de însușirile agrochimice ale solului. Portaltoiul și condițiile climatice ale anului condiționează, de asemenea, sortimentul de îngrășăminte, momentul și metoda de aplicare a acestora.

Particularități de nutriție și cerințe față de sol. Prin comparație cu plantele anuale, vița de vie are un consum scăzut de substanțe nutritive. Așa se explică buna sa dezvoltare pe soluri relativ puțin fertile, situate în condiții climatice favorabile dezvoltării viței. Pentru formarea unei recolte de 10 t/ha struguri se consumă în medie 100 kg N, 14 kg P, 83 kg K, 100 kg Ca, 36 kg Mg, 100—500 g Fe, 80—150 g B, 100—200 g Zn, 80—160 g Mn, 60—120 g Cu și 3 g Mo (I s e l i n, 1975). Consumul variază în limite largi în funcție de soi, de sistemul de cultură, podgorie și de alți factori. Pentru podgoria Drăgășani se menționează consumul anual de 100 kg N, 14 kg P, 83 kg K la soiuri cu consum scăzut și 150—180 kg N, 23 kg P, 140—175 kg K la cele cu consum ridicat (C o n d e i și colab., 1974); în podgoria Copou-Iași, la soiul Riesling italian, s-a constatat un consum anual de 99,5 kg N, 9,6 kg P, 75 kg K, 76 kg Ca, 33 kg Mg, la soiul Aligoté fiind valori ușor mai ridicate (P i ț u c și colab., 1977); în fine, la plantații din Crimeea se menționează valori între 60—65 kg N, 9,5—10,5 kg P și 46—50 kg K/ha la soiul Aligoté (K v a r a ț h e l i a, 1960). Din consumul total anual de N, P și K cea mai mare parte se află în frunze, revenind la 46—54 kg N, 7—16 kg P_2O_5 și 17—38 kg K_2O, restul aflîndu-se în lăstarii verzi, în coardele anuale și struguri, lemnul mai în vîrstă și rădăcinile nefiind considerate în unele din datele prezentate mai sus. Prezența unui procent ridicat de N, P și K din totalul absorbit de plantă, în frunze, demonstrează că prin căderea acestora toamna, o parte din elementele minerale se reîntorc în sol.

Raporturile dintre diversele elemente de nutriție din sol influențează mult nivelul recoltei de struguri și calitatea acesteia. Azotul intensifică creșterea vegetativă și dezvoltarea boabelor, însă un exces de azot poate favoriza formarea unei mase vegetale abundente și defavoriza fructificarea, înrăutățind unele însușiri de calitate a vinului, mai ales cînd există insuficiență de fosfor și potasiu. Acesta este motivul pentru care vinurile din podgorii însorite, cu soluri sărace sînt superioare celor obținute din plantații cultivate pe cernoziomuri fertile. Un conținut normal sau ridicat de fosfor în sol contribuie la creșterea numărului de struguri pe lăstar, iar asigurarea corespunzătoare cu postasiu îmbogățește strugurii în glucide simple și lăstarii în amidon, ca substanță de rezervă. Prezența calciului imprimă vinului buchetul caracteristic soiului, bogăție în zahăr, prospețime și însușirea de

Scanned with OKEN Scanner

spumos. Asigurarea optimă cu Fe^{2+} favorizează creşterea producţiei şi asigură o anumită culoare vinului. Se apreciază că sulful grăbeşte coacerea strugurilor, de aceea unii autori recomandă sulfatul de potasiu ca îngrăşământ.

Viţa de vie creşte şi pe soluri acide, unii autori (D. Davidescu şi Velicica Davidescu, 1981) menţionînd pH-ul optim între 5,5—6,5, iar alţii (Finck, 1979) considerînd pH-ul optim 6,0. Cu toate acestea, cele mai bune calităţi ale strugurilor şi vinului se obţin din plantaţiile situate pe soluri neutre sau cu un oarecare conţinut de $CaCO_3$. Cercetările asupra solurilor cu relicve ale plantaţiilor de viţă pe rădăcini proprii au arătat că, în mare parte, acestea erau neutre sau slab alcaline şi că viţa de vie nu suportă un conţinut total de săruri solubile peste 150 mg s.s/100 g sol (Bucur, Lixandru ş.a., 1961). Unii autori menţionează limite peste 150 mg s.s./100 g sol, sensibilitatea viţei depinzînd de natura sărurilor. Clorura de sodiu devine nocivă chiar la o concentraţie de 0,1% în sol, în timp ce sulfatul de potasiu are efect favorabil chiar dacă se adaugă în cantitate de 0,3% (după Bagdasarişvili, 1960). Se pare că portaltoiul Berlandieri × Riparia 420 A este mai puţin tolerant la săruri decît Riparia × Rupestris 3 309, cel mai tolerant fiind Chasselas × Berlandieri 41 B.

Excesul de $CaCO_3$ activ în stratul de răspîndire a rădăcinilor influenţează negativ creşterea butucilor şi longevitatea plantaţiei prin inducerea clorozei ferice. Intensitatea fenomenului depinde de conţinutul solului în $CaCO_3$. Cu toate acestea, la aceeaşi plantaţie se remarcă variaţii de la un an la altul în privinţa intensităţii clorozei, în anumiţi ani fenomenul fiind pe areale restrînse, în alţii pe areale largi. Diverşi autori (Müller, 1960; Boxma, 1972; Lixandru şi colab., 1977; 1981; Mengel şi Malissiovas, 1980 etc.) susţin că anionii HCO_3^- ce rezultă în solul bogat în carbonaţi contribuie la declanşarea şi întreţinerea clorozei. Excesul de elemente nutritive (NO_3^-; $H_2PO_4^-$ etc.), irigarea solului potenţial clorotic cu norme mari de udare, introducerea în sol a unui material păios din descompunerea căruia rezultă mult CO_2, argilozitatea ridicată sînt factori auxiliari. Sînt şi alte păreri în privinţa factorilor implicaţi în declanşarea clorozei ferice (Boos şi colab., 1982; Malic, 1982).

Presiunea ridicată a CO_2 din aerul solului bogat în $CaCO_3$ şi excesul temporar de umiditate favorizează apariţia HCO_3^- în soluţia solului:

$$OH^- + CO_2 \rightleftharpoons HCO_3^-$$

$$HCO_3^- + OH^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H_2O$$

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2\,HCO_3^-.$$

Creşterea presiunii CO_2 din atmosfera solului modifică în măsură neînsemnată pH-ul, dar concentraţia ionilor de bicarbonat se măreşte susbtanţial; la 200—300 ppm aceştia devin critici pentru pomi (Boxma, 1972), iar la $10 \cdot 10^{-3}$ M sînt toxici pentru viţa de vie (Mengel şi Malissiovas, 1981).

Unei producţii de 75, 50 sau 25% din maxima posibilă în podgoria Huşi i-a corespuns un indice al puterii clorozante *(IPC)* de 12, 28 şi, respectiv, 60. Îngrăşămintele organice bine descompuse, îngrăşămintele cu fosfor şi potasiu, afînarea solului la plantare fără a aduce la suprafaţă straturi bogate în $CaCO_3$, eliminarea butucilor cu fenomene clorotice din şcoala de portaltoi sînt măsuri ce pot conduce la menţinerea plantaţiei de viţă şi sporirea producţiei sale (Lixandru şi colab., 1983).

Aplicarea îngrăşămintelor în şcoala de viţe. Numărul viţelor ce corespund calităţilor STAS depinde evident de starea de fertilitate a solului din şcoala de viţe. Densitatea ridicată a plantelor (50 000—90 000/ha), sistemul radicular ce explorează o masă limitată de sol, stresul suferit de organismul vegetal prin altoire sînt factori ce impun atenţie faţă de fertilitatea solului.

Scanned with OKEN Scanner

Deşi terenul destinat şcolilor de viţă se cultivă 2—3 ani cu graminee şi leguminoase perene, pentru creşterea fertilităţii, totuşi, este nevoie de îngrăşăminte. Fertilizarea organică este indispensabilă. Se recomandă aplicarea îngrăşămintelor organice bine fermentate cu prilejul desfundării, 30—40 t/ha la soluri cu fertilitate ridicată şi 60—70 t/ha, la cele avînd conţinut scăzut de materie organică. Gunoiul slab fermentat poate afecta nefavorabil dezvoltarea vîţelor. Cu acelaşi prilej se aplică fertilizarea de rezervă cu cantităţi ce pot atinge 200 kg P_2O_5 şi 200 kg K_2O/ha sub formă de superfosfat sau fosforite activate şi săruri potasice. Dacă nu s-a efectuat fertilizarea de rezervă, aceasta se poate face cu prilejul plantării în biloane folosind soluţii nutritive ce conţin cîte 80 g N, P_2O_5 şi, respectiv, K_2O la 100 litri apă, care se aplică cu prilejul udării la plantare. Se evită excesul de îngrăşăminte cu azot care pot deveni nocive.

Stropirile cu îngrăşăminte complexe lichide în concentraţii de 1,5—4,0% (6—7 l produs comercial la hectar diluate în apă) au efect pozitiv în creşterea numărului de vîţe STAS, mai ales cînd solul s-a fertilizat insuficient cu îngrăşăminte chimice sau organice.

Aplicarea îngrăşămintelor în plantaţii viticole tinere. Dacă înainte de plantare s-au aplicat îngrăşăminte organice şi chimice pentru a crea o rezervă în sol, în următorii 2—3 ani pînă la intrarea vîţei pe rod nu se folosesc îngrăşăminte chimice, cu excepţia celor cu azot, care se pot aplica anual în doze mici (30—60 kg N/ha). Dacă înainte de plantare nu s-au aplicat îngrăşăminte, se recomandă aplicarea în primul an de la plantare a 30—120 t/ha gunoi bine fermentat, care se încorporează în sol prin arătură, la care se mai asociază şi cantităţi de îngrăşăminte industriale: 150—220 kg P_2O_5/ha şi 200—250 kg K_2O/ha. De obicei, aceste cantităţi se introduc în sol cu prilejul desfundării în vederea plantării, funcţie de aprovizionarea solului cu forme accesibile de fosfaţi şi potasiu. Se urmăreşte creşterea în sol a concentraţiilor optime dezvoltării vîţei (vezi tabelul 6.2). Cu acelaşi prilej se aplică şi amendamente calcaroase, dacă solul este prea acid şi are nevoie de corectarea reacţiei.

La plantarea vîţei de vie se obişnuieşte şi o fertilizare în gropile de plantare. În funcţie de conţinutul solului în humus se recomandă 3—7 kg gunoi putred la groapă asociat cu 5—10 g P_2O_5 şi 40—80 g K_2O. Valorile mari sînt valabile pentru soluri avînd conţinut scăzut de fosfaţi şi potasiu, forme accesibile plantelor.

Aplicarea îngrăşămintelor în plantaţii viticole pe rod. Dozele de îngrăşăminte şi raportul dintre elementele N : P : K se stabilesc funcţie de însuşirile agrochimice ale solului, de condiţiile climatice, particularităţile biologice ale soiului, tehnologiile de cultură. Diverşi autori apreciază consumul specific pentru formarea unei tone de struguri între 5—7 kg N, 1,5—2,5 kg P_2O_5 şi 5—7 kg K_2O. Valorile mici ale consumurilor se referă la soiuri de masă, valorile medii la soiurile pentru vinuri obişnuite, iar cele ridicate sînt valabile pentru soiuri destinate producerii vinurilor superioare de masă, la care consumul specific este mai ridicat. Calculul dozelor de îngrăşăminte se face pentru fiecare parcelă în parte, ţinînd seama de condiţiile de fertilitate şi eroziune a solului, foarte diferite în cadrul aceleiaşi podgorii sau întreprindere agricolă.

Aplicarea îngrăşămintelor organice la un interval de 2—3 ani este o cerinţă pentru menţinerea bilanţului substanţei organice a solului, creşterea capacităţii tampon şi a însuşirii de reţinere a umidităţii, menţinerea unui echilibru satisfăcător nutriţiei plantelor cu toate elementele necesare, mai ales acolo unde există pericolul manifestării clorozei calcare. Îngrăşămintele organice influenţează pozitiv nivelul recoltei. Excesul lor poate avea efect negativ asupra calităţii vinului, dar acest lucru se întîmplă foarte rar.

Se recomandă gunoiul de grajd semidescompus sau cu grad avansat de descompunere, compostul din resturi vegetale sau din resturi de la vinificaţie, nămolurile zootehnice şi orăşeneşti. Compostul din resturi de tescovină, preparat cu adaos de făină de fosforite sau fosfaţi activaţi, conţine 0,80% N, 0,3% P_2O_5, 0,6% K_2O plus alte elemente, fiind indicat pe soluri acide.

Scanned with OKEN Scanner

Îngrășămintele verzi sînt absolut necesare pe soluri cu textură nisipoasă, foarte sărace în materie organică, ca plante cultivate putîndu-se folosi măzărichea, mazărea, lupinul, soia și cel mai adesea borceagul. Distanțele dintre rînduri sînt suficient de largi pentru a permite cultivarea plantelor pentru îngrășămînt verde. Un interval se cultivă cu îngrășămînt verde și altul se întreține ca ogor negru. Încorporarea plantelor în sol se face în faza înfloririi.

Dozele de gunoi de grajd pot varia între 15—60 t /ha. În podgoriile Drăgășani, Miniș, Murfatlar, Iași, dozele optime stabilite experimental au fost de 30—40 t/ha, iar la Valea Călugărească s-au obținut sporuri de recoltă și la 80 t/ha (P o p a și colab., 1972). Compostul de tescovină oferă sporuri scăzute de recoltă.

Dozele de îngrășăminte cu azot se stabilesc pe criteriul „doze optime experimentale" (vezi cap. 7). Îngrășămintele cu azot se aplică primăvara, iar cele cu fosfor și potasiu se aplică toamna, înainte de efectuarea arăturii, introducîndu-se la fundul brazdei, cu dispozitive speciale la adîncime de 30—35 cm. Se pot aplica doze mai mari ca rezervă pentru 2—3 ani. Dacă îngrășămintele se aplică anual, toamna sau primăvara de timpuriu, se introduc în sol pe altă urmă decît în anul precedent. Se folosesc îngrășăminte cu fosfor ușor solubile.

Pe soluri ce conțin $CaCO_3$ la suprafață sînt indicate îngrășăminte cu azot avînd reacție potențial acidă.

Îngrășămintele foliare pot avea o semnificație deosebită în creșterea lăstarilor, a frunzelor și formarea recoltei. Vița de vie absoarbe azotul și calciul în primul rînd în perioada creșterii vegetative și formării rodului, fosforul este absorbit uniform tot timpul vegetației, iar potasiul se absoarbe intens atît la începutul cît și la sfîrșitul vegetației anuale. De aceea se recomandă ca în prima parte a vegetației să se folosească îngrășăminte complexe foliare în care predomină azotul și fosforul (F_{411}, F_{313}), în luna iulie fiind necesare îngrășăminte complexe ce conțin mai mult fosfor și potasiu (F_{011} sau C_{011}). Îngrășămintele foliare sînt compatibile cu anumite pesticide folosite la combaterea insectelor și a bolilor criptogamice, de aceea pot fi aplicate concomitent cu asemenea tratamente. La culturi pomi-viticole, de cartof etc, ele se pot aplica cu insecticide din grupa organofosforice (Sinoratox-35, Dipterex-80SP, Fosfothion, Parathion, Sevin 85WP) sau cu fungicide (Captan, Folpan, Brestan, Topsin, Turdacupral). După efectuarea stropirilor, utilajul se curăță prin spălare cu apă. Fertilizarea foliară asigură 3—7% din nutriția plantelor, restul fiind nutriția minerală.

Stropirile foliare se pot face și cu soluții preparate în întreprindere: 0,5% uree, 0,1—0,25% borax, 0,02—0,05% sulfat de mangan, 0,02—0,05% sulfat de zinc, 0,05—0,1% molibdat de amoniu. Rezultate experimentale au dovedit că se obțin sporuri de recoltă prin stropiri cu microelemente în cazul carențelor ascunse.

În zeama bordeleză avînd *p*H 8—10, cea mai mare parte a microelementelor Zn, Mn, Co și Fe precipită sub formă de hidroxizi, sulfați bazici și carbonați, trecînd în faza solidă a suspensiei; cu toate acestea, dacă soluția se aplică imediat după preparare, procentul de microelemente ce rămîn în faza lichidă asigură nutriția plantelor. Molibdatul de amoniu are solubilitatea cea mai ridicată la *p*H 8—8,5 iar boraxul și boratul de sodiu nu trec în faza solidă a suspensiei.

8.7. PRINCIPIILE APLICĂRII ÎNGRĂȘĂMINTELOR ÎN LEGUMICULTURĂ

Culturile legumicole sînt specii ale căror produse (fructe, frunze, inflorescențe, semințe, tulpini sau rădăcini) se folosesc în hrana omului ca aliment, condiment sau substanțe aromate. Prin faptul că produc recolte mari pe unitatea de suprafață și se succed, de cele mai multe ori, în cursul aceluiași an, două culturi pe același teren, plantele legumicole cer cantități mari de îngrășăminte, ceea ce le deosebește evident de culturile de cîmp. Se impune cunoașterea particularităților lor de nutriție, încît prin aplicarea îngrășămintelor să se poată obține producții marfă ridicate.

Scanned with OKEN Scanner

Progresele tehnologice permit să se distingă două variante de cultură a legumelor: cultura în spații neprotejate (în cîmp deschis); cultura în spații protejate (sere și solarii).

În ambele cazuri, exploatarea terenului capătă caracter industrial prin concentrarea forței de muncă, folosirea unor tehnologii specifice și obținerea de venituri mari.

8.7.1. APLICAREA ÎNGRĂȘĂMINTELOR LA LEGUME CULTIVATE ÎN SPAȚII NEPROTEJATE

Particularitățile nutriției culturilor legumicole. Cele mai multe specii de plante legumicole consumă cantități importante de elemente nutritive în vederea formării recoltei. De aceea, ele trebuie să găsească în sol elemente în forme accesibile, potrivit consumului lor specific din fiecare fază de creștere. Consumul total de elemente depinde de specie, soi, producția marfă realizată, condițiile de nutriție, umiditate etc. La unele specii, consumul total poate atinge valori de cîteva sute de kilograme la hectar într-un ciclu de vegetație, raportul dintre elementele N, P și K fiind în favoarea azotului sau a potasiului (tabelul 8.9).

Tabelul 8.9

Limite de producție și consumul specific mediu la cîteva specii de plante legumicole cultivate în cîmp (după Geissler, Baumann și Geyer, 1983)

Specia	Producții posibile t/ha	Consum specific, kg/t			
		N	P	K	Mg
Varză albă	30—90	4,0	0,6	4,5	0,35
Varză de Bruxelles	8—20	11,7	3,5	20,0	1,80
Conopidă	25—40	4,0	0,9	8,5	0,45
Varză pentru frunze	15—35	4,0	0,8	5,0	0,50
Ridichi	10—25	5,5	1,2	4,0	0,60
Ridichi de lună	7—15	5,0	0,9	3,3	0,80
Ceapă	25—45	4,0	0,8	4,0	0,30
Usturoi	15—45	4,0	1,0	5,0	0,30
Tomate	30—60	3,0	0,3	3,3	0,35
Fasole păstăi	8—10	7,5	1,1	8,5	0,90
Mazăre păstăi	3—4	15,0	4,0	22,0	3,00
Sfeclă roșie	20—40	4,0	0,6	4,5	0,70
Dovlecei	15—40	3,0	1,0	5,5	0,80
Castraveți	30—50	2,5	0,6	2,8	0,30
Morcov	25—60	3,3	0,7	5,5	0,30
Salată căpățini	25—50	3,0	0,5	4,0	0,25
Pătrunjel frunze	7—15	4,0	1,2	4,0	0,50
Gulii	15—50	4,0	0,9	6,0	0,60
Țelină	20—35	6,0	1,0	8,5	0,70
Spanac	8—15	4,0	0,9	5,0	0,60

În funcție de consumul global de substanțe nutritive din sol, speciile legumicole pot fi clasificate astfel:

— *Specii cu consum relativ ridicat:* varză albă, varză de Bruxelles, conopidă, țelină;

— *Specii cu consum moderat:* tomate, cartofi timpurii, gulii, morcov, sfeclă roșie, ceapă;

— *Specii cu consum scăzut:* salată, ridichi de toamnă și ridichi de lună, spanac, fasole, mazăre.

Realizarea unor rezerve importante de substanțe nutritive în sol se face pe seama utilizării unor doze mari de îngrășăminte chimice, ceea ce poate crește concentrația sărurilor din soluția solului, peste limita tolerată de plantele legumicole,

Scanned with OKEN Scanner

care sînt sensibile atît la insuficiență, dar mai ales la excesul elementelor nutritive. De aceea, solul trebuie să posede o capacitate ridicată de reținere a ionilor în forme ușor schimbabile și o putere mare de tamponare. Îngrășămintele organice măresc capacitatea solului de reținere a ionilor și constituie, totodată, o sursă importantă de elemente necesare nutriției. Solurile nisipoase, cu conținut scăzut de humus și putere tampon limitată, au în primul rînd nevoie de cantități mari de îngrășăminte organice. Resturile de plante rămase după strîngerea recoltei de legume au o semnificație minoră pentru refacerea sau sporirea conținutului de materie organică din sol; în medie, pe un hectar rămîn, anual, de la culturile legumicole, sub o tonă resturi organice, ceea ce deosebește acest sector de cultura plantelor de cîmp, la care o parte din elementele minerale revin în sol cu gunoiul de grajd sau cu compostul. Dacă asolamentul include și sole destinate lucernei, trifoiului sau altor specii leguminoase, o parte din materia organică se reface pe seama acestor culturi. Chiar în asemenea cazuri, un aport de cel puțin 10 t/ha gunoi de grajd este indispensabil îmbunătățirii însușirilor fizico-chimice ale solului.

Fertilizarea culturilor legumicole se face și în funcție de ritmul de absorbție a substanțelor nutritive. Culturile cu perioadă scurtă de vegetație (spanac, ridichi) și ritm intens de creștere, extrag zilnic cantități mari de substanțe nutritive, comparativ cu speciile avînd perioadă lungă de vegetație și creștere lentă; fertilizarea se face ținînd seama de această particularitate. În faza de fructificare, tomatele consumă mult azot și potasiu, iar la castraveți consumul maxim se situează între înflorit și fructificare. În faza de răsad, plantele tuturor speciilor legumicole au sistemul radicular slab dezvoltat, cu capacitate scăzută de absorbție a ionilor. Menținerea în sol a unor niveluri corespunzătoare de elemente nutritive în această perioadă are mare importanță pentru buna creștere ulterioară a plantelor. Excesul de săruri poate fi fatal pentru răsaduri, prin efectul lor toxic. În general, culturile legumicole cer soluri cu capacitate ridicată de înmagazinare a elementelor nutritive în forme accesibile.

Corectarea reacției solurilor. Culturile legumicole manifestă preferințe față de reacția solului, unele dezvoltîndu-se bine pe soluri slab sau moderat acide, altele pe cele neutre sau slab alcaline. Un pH_{H_2O} între 6,0—7,5 satisface cerințele majorității speciilor legumicole. Se acceptă că *p*H-ul în extract salin nu trebuie să fie inferior valorilor cuprinse în tabelul 8.10. Sfecla roșie și varza albă reacționează pozitiv la aplicarea directă a amendamentelor calcaroase pe soluri acide. Ceapa, morcovul, castraveții, spanacul se comportă mai bine dacă amendamentul s-a aplicat la culturile premergătoare. Tomatele fructifică bine la intervale largi pH_{H_2O} (5,5—8,0), iar cartoful și ridichea preferă mediul acid (de aceea nu reacționează la aplicarea amendamentelor decît pe soluri foarte acide). Pe cele cu textură nisipoasă sau nisipo-lutoasă, *p*H-ul optim are valori mai scăzute decît pe cele argiloase sau argilo-lutoase. Prezența Al mobil în cantități mici constituie o explicație a acestei comportări.

Tabelul 8.10

Limita inferioară a *p*H-ului optim pentru culturile legumicole

Culturile	pH_{KCl}
Ceapă, castraveți, spanac, salată, fasole	6,0
Varză, sfeclă, mazăre, gulii, pepeni galbeni	5,0
Tomate, ridichi, pepeni verzi	4,5

Scanned with OKEN Scanner

Aplicarea amendamentului se face toamna, înainte de efectuarea arăturilor adînci. Dacă amendamentul se aplică primăvara, operaţiunea se execută cu cel puţin 6 săptămîni înainte de însămînţare sau de plantarea răsadurilor. Fasolea, mazărea, castraveţii, dovlecii, morcovii, tomatele sînt foarte sensibile la aplicarea tîrzie a calcarului sau la excesul de calcar (K u n d l e r, 1970). Culturile legumicole preferă soluri cu textură nisipoasă sau nisipo-lutoasă, iar amendamentele utilizate trebuie să conţină şi magneziu ca element nutritiv, aflat în cantităţi nesatisfăcătoare pe asemenea soluri.

În România, principalele suprafeţe ocupate de culturi legumicole se află în zona cernoziomurilor, unde nu se simte nevoia utilizării amendamentelor calcaroase. În lunci şi pe terasele irigate pot să apară în schimb petice de soluri saline şi alcaline, a căror ameliorare se face prin aplicarea fosfogipsului.

Morcovul, ceapa, castraveţii sînt culturi foarte sensibile la excesul de săruri solubile şi clor. Sfecla, varza şi chiar tomatele sînt mai tolerante la salinitate şi la mediul slab alcalin.

Aplicarea îngrăşămintelor organice. S-a menţionat mai sus importanţa materiei organice în solurile destinate culturilor legumicole. Un asolament corespunzător poate contribui parţial la refacerea sau sporirea acesteia, însă fertilizarea cu îngrăşăminte organice nu poate fi exclusă.

Evoluţia materiei organice din solul cultivat cu plante legumicole demonstrează în cele mai multe cazuri un bilanţ negativ, ca la cereale, rădăcinoase sau plante textile din asolamentele de cîmp. În general, la culturi de cîmp sau legumicole se degradează anual 1—3% (uneori mai mult) din humusul solului (800—1 300 kg/ha în stratul arat), care se reface dacă rămîn sau se introduc în soluri resturi organice. În funcţie de asolament are loc un bilanţ pozitiv sau negativ în evoluţia substanţei organice, de care trebuie să se ţină seama la aplicarea îngrăşămintelor. Valorile cu semn negativ din tabelul 8.11 arată cantităţile de substanţe organice necesare

Tabelul 8.11

Bilanţul substanţei organice din sol după diverse culturi, la sfîrşitul sezonului de vegetaţie (t/ha)

Culturile	Textura solului				
	Nisipos	Nisipo-lutos	Luto-nisipos	Lutos	Argilos
Rădăcinoase + grupa I de specii legumicole*	−4,7	−4,9	−5,2	−5,7	−5,7
Porumb, varză frunze + + grupa a II-a de specii legumicole	−3,5	−3,6	−3,9	−4,3	−4,3
Cereale, oleaginoase, plante textile, tutun + grupa a III-a de specii legumicole	−1,8	−1,8	−2,0	−2,1	−2,1
Secară furajeră	−0,9	−0,9	−1,0	−1,1	−1,1
Leguminoase furajere anuale	+0,6	+0,6	+0,7	+0,8	+0,8
Leguminoase pentru boabe	+0,9	+0,9	+1,0	+1,1	+1,1
Ierburi graminee	+2,7	+2,8	+3,0	+3,3	+3,3
Lucernă, trifoi, amestec de trifoi + graminee	+5,4	+5,6	+6,0	+6,6	+6,6
Culturi în miriște	+0,4	+0,4	+0,5	+0,6	+0,6
Cultura îngrăşămînt verde	+1,8	+1,9	+2,0	+2,2	+2,2

*Grupa I: conopidă, varză chinezească, castraveţi, dovlecei, usturoi, varză de Bruxelles, varză roşie, sparanghel, varză albă, varză creaţă.
Grupa II: cicoare (rădăcini), morcov, hrean, tomate.
Grupa III: salată, fasole şi mazăre verde, gulii, salată căpăţîni, ridichi de toamnă sau de lună, sfeclă roşie, spanac, arpagic, ceapă, pătrunjel pentru frunze sau rădăcini.

Scanned with OKEN Scanner

refacerii celei degradate prin cultivarea speciilor legumicole (K u n d l e r şi colab., 1985). Pentru siguranţă, valorile menţionate se măresc cu 15%. Refacerea humusului depinde şi de provenienţa îngrăşămîntului organic, unele îngrăşăminte avînd influenţă mai ridicată în această privinţă, altele mai scăzute. De acest efect se ţine seamă la stabilirea dozelor utilizabile practic. Se foloseşte în acest scop un factor de conversie *(F)* a cărui mărime exprimă cantitatea de humus ce rezultă dintr-o tonă substanţă organică. Notînd cu Q cantitatea (t/ha) de substanţă organică din sol degradată anual, în funcţie de valoarea *(F)* menţionată în tabelul 8.12, doza aplicabilă va fi:

$$\textit{Îngrăşămînt organic, t/ha} = \frac{Q}{F}.$$

Tabelul 8.12

Factori de conversie a îngrăşămintelor organice în substanţă organică refăcută în sol

Îngrăşămîntul organic	Factorul de conversie, *F*
Gunoi de grajd (25% substanţă uscată)	0,20
Gunoi din zootehnie pe specii:	
— de bovine (20% substanţă uscată)	0,16
— de porcine (25% substanţă uscată)	0,20
— de oi (30% substanţă uscată)	0,24
— de păsări (30% substanţă uscată)	0,24
— de cai (25% substanţă uscată)	0,20
Nămoluri zootehnice pompabile	
— cu 4% substanţă uscată	0,02
— cu 1% substanţă organică	0,005
Paie	0,68
Compost de cîmp	0,20
Nămoluri de la epurarea apelor uzate orăşeneşti	0,10
Turbă de mlaştini inferioare	0,18
Compost	
— cu 90% substanţă uscată	0,68
— cu 60% substanţă uscată	0,45
Îngrăşăminte verzi	
— cu 15% substanţă uscată	0,06
— cu 10% substanţă uscată	0,04

Presupunînd un asolament legumicol cu 5 sole, din care una cu leguminoase (tab. 8.13), calculele arată un bilanţ negativ al substanţei organice din sol de circa 13,3 t/ha şi an la întreg asolamentul, care sporit cu 15% dă 15,3 t/ha/an. Fertilizarea organică se poate efectua anual în asolamentele legumicole dacă întreprinderea dispune de cantităţile necesare de îngrăşăminte; cel mai adesea, operaţiunea se repetă după doi ani. Culturile legumicole beneficiază de efectul direct al îngrăşămintelor organice. De efectul direct trebuie să profite, în primul rînd, speciile cu pretenţiile cele mai ridicate la aplicarea îngrăşămîntului organic, cu perioadă lungă de vegetaţie.

În exemplul de bilanţ prezentat (tabelul 8.13), îngrăşămîntul organic poate fi aplicat la culturile din prima solă sau la cartof. Presupunînd că la prima solă se aplică gunoi de grajd semifermentat pentru a reface 9 t/ha substanţă organică din sol, rezultă o doză de 45 t/ha gunoi de grajd (9 : 0,2 = 45 t/ha); la cultura cartofului urmează să se aplice o doză ce reface diferenţa, adică 6,3 t/ha substanţă organică din sol. Dacă se foloseşte în acest scop gunoiul de porcine cu 15—20% substanţă uscată, trebuie să se aplice 32 t/ha (6,3 : 0,2 = 32 t/ha).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8.15

Bilanțul substanței organice dintr-un sol luto-nisipos cultivat în asolament cu specii legumicole (t/ha)

Specia (sola)	Substanță organică din sol		Bilanț ±	+ 15%	Necesar de refăcut t/ha
	Scădere	Îmbogățire			
Varză albă, castraveți dovlecei	−5,2				9
Tomate, morcov, păstîrnac	−3,9				
Ceapă, fasole verde, salată	−2,0				
Borceag		+3,0			
Cartof	−5,2				6,3
Total	−16,3	+3,0	−13,3	−15,3	

În cazul nămolurilor zootehnice sau orășenești cu conținut scăzut de substanță organică, dar ridicat în anumiți ioni (NH_4^+, K^+, Na^+ etc.) se urmărește ca prin doza aplicată să nu crească concentrația soluției solului peste limitele tolerate de plantele legumicole.

Rezultă că în asolamentul legumicol, caracterizat prin procent ridicat de specii ce contribuie la micșorarea procentului de materie organică din sol, trebuie să se aplice cantități mai mari de îngrășăminte organice, pentru refacerea humusului. O asemenea concluzie rezultă și din exemplul prezentat în figura 8.2.

La morcov, ceapă, sfeclă nu se folosește gunoi semidescompus, asemenea culturi profitînd de efectul remanent al acestuia aplicat în anii precedenți. La ceapă, se poate aplica mraniță sau gunoi putred în doza de 20—40 t/ha. Compostul se folosește în cantități ceva mai mari decît gunoiul semidescompus și numai la culturi la care nu se pot transmite boli prin resturile vegetale ce au servit la obținerea lui. Gunoiul de păsări, fermentat și cu conținut ridicat de substanță uscată se aplică în doze de 4—5 t/ha. La castraveți se aplică dozele cele mai mari de gunoi de grajd, care pot atinge 70—120 t/ha.

Momentul cel mai potrivit de aplicare a gunoiului de grajd este toamna, înainte de efectuarea arăturii adînci. Pe soluri cu textură nisipoasă, aplicarea se poate face primăvara. Din motive de igienă, nămolurile de porcine se aplică în mod obligatoriu toamna.

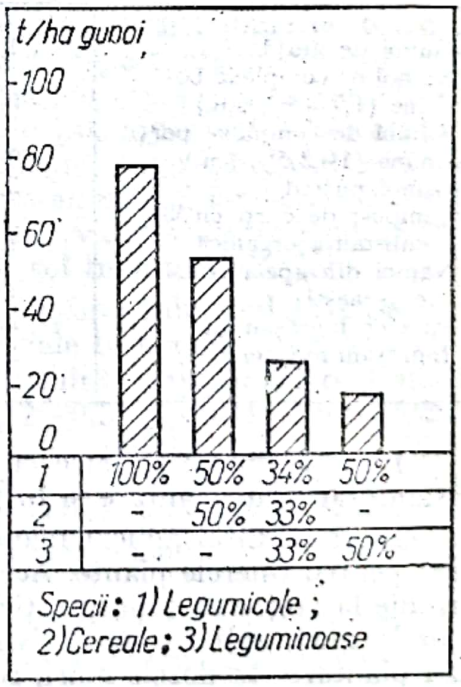


Fig. 8.2. Variația dozei de gunoi de grajd în funcție de proporția de leguminoase și cerelale dintr-un asolament legumicol.

Aplicarea îngrășămintelor chimice cu azot. Azotul este cel mai important element pentru sporirea producției culturilor legumicole, mai ales la cele de la care se folosesc ca aliment părți vegetative ale plantei. Dozele se stabilesc funcție de cultură, de producția scontată, de consumul specific, de coeficientul de valorificare a N din îngrășămintele chimice, de textură și de conținutul solului în materie organică sau de aplicarea îngrășămintelor organice. Geissler și colab. (1965) au grupat culturile în patru categorii, funcție de

nevoile lor în îngrășăminte cu azot (tabelul 8.14). Limitele superioare sînt valabile pentru soluri cu textură argiloasă sau argilo-lutoasă, iar cele inferioare pentru soluri nisipoase.

Tabelul 8.14

Doze de îngrășăminte cu azot aplicabile la culturi legumicole

Semnificația dozei	kg N/ha	Culturile
Foarte mare	200—240	varză de toamnă, varză roșie
Mare	150—180	varză semitimpurie, dovlecei, usturoi, țelină, morcov pentru iarnă
Moderată	80—100	castraveți, usturoi, conopidă, gulii, salată căpățini, sfeclă roșie, morcovi timpurii, ceapă de apă, ridichi
Mică	40—50	fasole, mazăre, salată, ridichi de lună, ceapă verde

În România se folosește „indicele azot" ($I_N = H.V\%$) pentru stabilirea mărimii dozelor de îngrășăminte cu N (vezi cap. 7). Dacă la aceeași cultură s-a aplicat și gunoi de grajd sau alte îngrășăminte organice, la stabilirea dozei efective de îngrășăminte chimice se ține cont de faptul că, în primul an de la aplicare, plantele legumicole valorifică 15—25% din N total al îngrășămîntului organic. Pot fi folosite în acest scop cantitățile orientative din tabelul 8.15.

Tabelul 8.15

Cantități de N, P, K și Mg provenite din îngrășămintele organice în primul an după aplicare (kg/t)

Îngrășămîntul organic	N	P	K	Mg	t/m³
Gunoi de grajd	1,4	0,7	2,9	0,5	0,95
Nămol de complexe bovine (1,7—4% s.u.)	0,4	1,7	1,2	0,08	1,00
Nămol de complexe porcine (1—2,5% s.u.)	0,7	0,8	0,4	0,08	1,00
Gunoi putred	3,0	4,0	4,2	0,6	0,90
Compost de curte cu 30% substanță organică	1,5	0,8	1,5	1,1	1,00
Nămol din ape uzate orășenești	1,7	1,3	0,7	0,1	0,90
Paie ca îngrășămînt	—	0,6	6,0	0,7	0,5—1,0
Îngrășăminte verzi	1,5	—	—	—	—

Îngrășămintele chimice cu azot pot fi aplicate în două perioade: înainte de însămînțare sau plantare și în timpul vegetației (îngrășare fazială).

Îngrășămîntul aplicat înaintea însămînțării sau plantării servește drept „starter" pentru tinerele plante. Această fracțiune din doza întreagă nu trebuie să contribuie la creșterea concentrației soluției solului peste limitele suportate de plante. Dozele mici, sub 50—60 kg N/ha, se aplică în întregime înainte de însămînțare sau plantare; la dozele mari, restul din doza întreagă se aplică fazial. Se folosesc 1—3 fertilizări faziale, în funcție de mărimea dozei totale. Prima fertilizare fazială se face de obicei la 30—35 zile după însămînțarea culturilor legumicole (adică la apariția celei de-a treia frunze) sau la două săptămîni după plantarea răsadului. Următoarea fertilizare fazială se produce la 2—3 săptămîni după prima. Ultima

Scanned with OKEN Scanner

fertilizare din timpul vegetației nu trebuie să fie mai tîrziu de 4—6 săptămîni înaintea recoltării. În tabelul 8.16 se indică, orientativ, momentul aplicării fertilizărilor faziale la cîteva culturi legumicole.

Tabelul 8.16

Momentul aplicării fertilizărilor faziale la culturi legumicole

Specia	Fertilizarea I	Fertilizarea II	Fertilizarea III
Varză albă	După începerea creșterii	Începerea formării căpățînii	În timpul formării căpățînii
Tomate	Înainte de înflorit	După apariția primelor fructe	—
Conopidă	La 3 săptămîni de la plantare	Începutul formării inflorescenței	La două săptămîni după fertilizarea II
Castraveți	La întinderea plantei	La fructificare	—
Ceapă	Stadiul 3—4 frunze	Începutul formării bulbului	—
Salată căpățini	Începutul formării căpățînii	La 1—2 săptămîni după fertilizarea I	—
Fasole	La două frunze adevărate	—	—
Mazăre	La 20 cm înălțime	—	—
Țelină	Începutul formării rădăcinii	3—4 săptămîni după fertilizarea I	Două săptămîni după fertilizarea II
Ridiche	La 3—4 săptămîni după răsărire	La 3—4 săptămîni după fertilizarea I	—
Spanac	La 4—5 săptămîni după fertilizarea de bază	—	—

Fertilizarea suplimentară (fazială) este necesară mai ales în condiții de irigare, deoarece în asemenea cazuri poate avea loc levigarea îngrășămîntului. Ea devine obligatorie, dacă din diverse motive nu s-a aplicat fertilizarea de bază.

Înainte de plantare sau însămînțare, îngrășămîntul se distribuie pe teren cu mașini speciale MA-3,5 dotate cu echipament de distribuție centrifugală sau pneumatică, sau cu mașina de tip centrifugal MIC-1. În timpul vegetației se poate folosi, la culturile cu distanță mare de plantare între rînduri, echipamentul F-6 atașabil la cultivatoarele CPS-6 sau CPS-8. La prima fertilizare, îngrășămîntul se aplică la 6—8 cm distanță de rîndul de plante și la 6—8 cm adîncime, iar la celelalte fertilizări suplimentare aplicarea se face la mijlocul intervalului dintre rînduri și la 10—12 cm adîncime. Îngrășămîntul se introduce în sol înaintea udărilor.

Rezultate bune se obțin prin distribuirea îngrășămîntului o dată cu apa de irigație prin aspersiune. Se atașează dozatoare speciale la conducta de refulare a instalației de irigare, care injectează soluția de îngrășămînt în apa de udare. Concentrația îngrășămîntului în apă trebuie să fie sub 0,2—0,3% pentru a nu produce arsuri pe plante. Debitul și timpul de funcționare a pompei dozatoare se stabilesc cu formulele (8.10) și (8.11). După pulverizarea soluției de îngrășămînt se udă cu apă fără îngrășămînt pentru spălarea frunzelor. La irigarea prin scurgere la suprafață, introducerea îngrășămîntului în apa din canale poate conduce la o distribuție neuniformă.

Ca forme chimice se folosesc azotat de amoniu, nitrocalcar și îngrășămînt lichid de tip URAN (A 300) care sînt lipsite de ioni a căror acumulare anuală contribuie la creșterea concentrației soluției solului în săruri. Sînt indicate, de asemenea, îngrășămintele complexe de tipul nitrofosfaților cu solubilitate ridicată în apă și îngrășăminte complexe pe bază de fosfați de amoniu, aplicabile înainte de însămînțare sau plantare și în timpul vegetației. Azotatul de potasiu are efect superior azota-

Scanned with OKEN Scanner

tului de amoniu la toate culturile, cu excepția fasolei și a spanacului la care cel mai ridicat spor de recoltă îl oferă sulfatul de amoniu (Jurbitzki, 1960; Lescovec, 1976). Amoniacul anhidru și amoniacații se aplică într-o singură repriză, înainte de plantare. La tomate, îngrășămintele chimice cu azot nitric măresc mai mult producția prin comparație cu cele amoniacale (Guscinov, 1966).

Pe lîngă efectul asupra creșterii producției, îngrășămintele cu azot influențează calitatea acesteia. Sporesc conținutul de proteină, deși acest efect are semnificație minoră deoarece legumele acoperă doar 3% din proteina inclusă în hrana oamenilor; măresc conținutul de carotine și îmbunătățesc calitatea conservelor preparate din fructe.

Excesul de azot înrăutățește gustul legumelor, scade rezistența acestora la transport și păstrare, se acumulează nitrați în organele vegetative folosite ca aliment, la spanac crește conținutul de acid oxalic. Acțiunea toxică a nitraților asupra omului se manifestă cînd (în special la copii) se consumă peste 200—250 mg N ca NO_3 în timp de 24 ore. La conopidă se ating 300 mg N ca NO_3 la 100 g substanță uscată, la o fertilizare cu 200 kg N/ha, iar la spanac, la doza de 240 kg N/ha, se ating 1 118 mg N ca NO_3 la 100 g substanță uscată. Fertilizarea cu Mo micșorează conținutul plantei în nitrați (Fritz și colab. 1974; 1976). În condiții necorespunzătoare de păstrare a legumelor, nitrații trec în nitriți, care sînt mai nocivi organismului uman, producînd tulburări de circulație a sîngelui și distrugînd eritrocitele. Toxicitatea acidului oxalic se referă la afinitatea acestuia pentru ionii de calciu, cu care precipită. Sulfatul de amoniu favorizează mai puțin acumularea de nitrați în organele vegetative ale plantelor legumicole.

Aplicarea îngrășămintelor chimice cu fosfor și potasiu. Realizarea în sol a unui echilibru între azot și alte elemente nutritive, corespunzător nevoilor plantelor, este de cea mai mare importanță pentru obținerea producțiilor scontate. Dozele de îngrășăminte cu P și K se stabilesc în funcție de consumul specific, de recolta scontată, de însușirile solului, în primul rînd de conținutul acestuia în fosfați și potasiu forme accesibile plantelor. În funcție de cerințele în fosfor și potasiu, diversele specii legumicole se deosebesc evident (tabelul 8.17). În solul cultivat cu specii legumicole, conținutul în fosfați și potasiu (forme accesibile plantelor) trebuie să fie mult mai ridicat decît la culturile de cîmp.

Tabelul 8.17

Gruparea speciilor legumicole după cerințele lor în fosfor și potasiu

Cerințele speciilor	Speciile
Scăzute	Salată, varză pentru frunze, ridichi de lună, ceapă verde
Moderate	Salată căpățini, ceapă arpagic și ceapă ciaclama, tomate, ridichi de toamnă, spanac, pătrunjel, păstîrnac, usturoi, țelină, sfeclă roșie, fasole, mazăre
Ridicate	Castraveți, dovlecei, varză albă, varză roșie, conopidă, varză de China, morcov

Procedeele de stabilire a dozelor de îngrășăminte funcție de factorii menționați sînt prezentate în capitolul 7.

În funcție de cerințelele speciilor legumicole în privința fosforului și potasiului, de aprovizionarea solului cu forme accesibile din aceste elemente, sînt menționate, cu caracter orientativ, dozele aplicabile (tabelele 8.18 și 8.19). La soluri cu conținut ridicat de fosfați și potasiu forme ușor accesibile se aplică o doză de întreținere a nivelului ridicat de elemente nutritive, echivalentă cu exportul anual prin recoltă. Dozele menționate se micșorează cînd s-au aplicat și îngrășăminte organice, folosind datele din tabelul 8.15, care exprimă aportul de P, K și Mg din îngrășămîntul

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8.18

Doze de îngrăşăminte aplicabile la culturi legumicole (kg P_2O_5/ha) în funcţie de conţinutul solului în fosfaţi solubili în acetat-lactat de amoniu (AL)

Cerinţele speciilor	ppm P solubil în reactivul *AL*				
	<36	36–72	72–108	108–144	>144
Scăzute	90	80	70	60	35
Moderate	140	130	110	100	40
Ridicate	185	170	150	125	60

Tabelul 8.19

Doze de îngrăşăminte cu potasiu (K_2O), aplicabile în funcţie de cerinţele speciilor legumicole şi de conţinutul solului în K solubil în reactivul AL

Cerinţele speciilor	ppm K/100 g sol				
	< 66	67–132	133–200	200–400	> 400
Scăzute	110	90	80	60	—
Moderate	150	120	90	30	—
Ridicate	190	170	140	80	—

organic. Puterea solubilizantă a sistemului radicular, pentru elementele nutritive din sol şi forţa de absorbţie şi transport prin plante depind de specie şi soi (caracter genetic); de aceea dozele efectiv aplicabile pe teren se precizează mai corect pe cale experimentală.

Se recomandă folosirea îngrăşămintelor complexe sau simple cu conţinut ridicat de substanţă activă. Sulfatul de potasiu este superior sării potasice, în primul rînd la castraveţi, tomate şi ceapă. Anumite specii (sfeclă roşie, morcov, ridichi, ţelină, varză) reacţionează pozitiv la sodiul din sarea potasică. Superfosfatul şi sarea potasică se aplică în sol toamna, înaintea efectuării arăturilor. Se poate aplica o doză care să acopere şi nevoile celorlalte culturi din asolament. Dacă asolamentul include şi specii nelegumicole, îngrăşămintele cu fosfor şi potasiu se aplică direct la culturile legumicole. Cantităţi peste 280 kg K/ha, aplicabile o singură dată, nu sînt recomandate, deoarece pot creşte concentraţia soluţiei solului peste limitele suportate de rădăcinile plantelor. Fenomenul poate apărea în cazul solurilor nisipoase, caracterizate prin putere scăzută de tamponare. La doze prea mari de KCl s-a remarcat crăparea căpăţînilor de varză, iar la excesul ionilor SO_4^{2-} în soluţia solului se manifestă tendinţa de apariţie a inflorescenţelor din primul an. Cantităţi ridicate de K, dar echilibrate cu alte elemente, frînează apariţia acestor fenomene. Dacă îngrăşămintele cu P şi K nu s-au aplicat din toamnă sub arătură, ele pot fi aplicate primăvara, cu 2–4 săptămîni înaintea plantărilor, încorporîndu-se în sol prin discuire. Îngrăşămintele cu P şi mai ales cele cu K pot fi aplicate parţial şi în timpul vegetaţiei, cu condiţia introducerii lor în sol cu maşini speciale. La specii ce se însămînţează sau plantează în rînduri la distanţe mari (catraveţi, varză, tomate, pepeni), îngrăşămintele se pot aplica şi în cuiburi, în cantităţile de 300–500 g mraniţă, 1–3 g NH_4NO_3, 3–6 g superfosfat concentrat şi 1–3 g KCl, amestecate cu pămînt într-un raport de 1/25–1/50 spre a nu exercita efect negativ asupra tinerelor plante după încolţirea seminţelor sau după plantare.

Fertilizarea în timpul vegetaţiei se poate face şi cu îngrăşăminte din sectorul zootehnic. Se foloseşte baligă de bovine sau gunoi de păsări, diluate cu apă în pro-

Scanned with OKEN Scanner

porție de 1 : 1, lăsate 24 ore, apoi diluate de 10 ori și aplicate pe teren. La gunoiul de păsări se cere o diluție mai mare decît la cel de bovine. De asemenea, urina se diluează de circa 10 ori, mustul din platforma de gunoi de 4—5 ori, cenușa se diluează de 100 ori. Se folosește cantitatea de o tonă din materialele astfel preparate pentru fertilizarea plantelor de pe 1 000 m² la varză, gulii, sfeclă sau tomate. La castraveți, ceapă și morcov, sensibile la concentrațiile ridicate de săruri, se folosesc diluții mai mari.

Aplicarea îngrășămintelor cu magneziu și microelemente. Solurile cu textură nisipoasă sau nisipo-lutoasă, utilizate frecvent pentru culturi legumicole, conțin uneori cantități nesatisfăcătoare de Mg accesibil plantelor. Insuficiența se poate manifesta și în cazul fertilizării excesive cu îngrășăminte conținînd potasiu. Se acceptă ca limită inferioară circa 50 ppm Mg în stratul arat (formă schimbabilă, după S c h a c h t s c h a b e l). Cînd conținutul de magneziu se situează sub această limită sînt necesare îngrășăminte, aplicîndu-se anual pînă la 80 kg Mg/ha sub formă de sulfat de magneziu, dolomită sau alte produse.

Mai frecvente sînt insuficiențele de microelemente, în special cele de bor, molibden și, în anumite cazuri, cele de mangan și cupru. Pragul insuficienței depinde de însușirile solului (vezi subcap. 5.6) și mai ales de pretențiile speciilor legumicole. Răspunsul la aplicarea îngrășămintelor depinde de aceste nevoi (tabelul 8.20). Insuficiențele de bor se combat prin aplicări la sol (10—30 kg/ha borax) și prin stropiri foliare repetate cu soluții conținînd 0,2—0,3% borax sau 0,10—0,12% acid boric. Leguminoasele sînt sensibile la stropirile cu acid boric, pe frunzele lor producîndu-se uneori necrozări în urma stropirilor. Insuficiența de molibden se poate combate prin stropiri cu soluții de molibdat de amoniu sau de sodiu (2—4 kg/ha) sau prin adaosul a 10—12 g molibdat de sodiu la 1 m³ material-compostat utilizabil ca substrat nutritiv în răsadnițe. Pot fi utilizate, de asemenea, îngrășăminte complexe conținînd bor și molibden aplicabile la sol.

Tabelul 8.20

Gruparea speciilor legumicole și pomicole în funcție de reacția lor la aplicarea îngrășămintelor cu microelemente (prelucrare după B e r g m a n n și N e u b e r t, 1976)

Eficacitatea îngrășămîntului	Elementul	Speciile
Ridicată	Mn	Castraveți, salată, spanac, sfeclă roșie, ridichi de toamnă, ridichi de lună, ceapă, măr, cais, cireș, piersic, viță de vie
	Cu	Sfeclă roșie, salată, spanac, morcov, ceapă.
	Zn	Măr, piersic, prun
	B	Sfeclă roție, conopidă, varză de Bruxelles, varză albă, țelină, gulii, măr, trandafir, garoafe
	Mo	Conopidă, salată, spanac
Moderată	Mn	Conopidă, varză de Bruxelles, varză albă, morcov, țelină, tomate, cartof
	Cu	Varză, conopidă, varză de Bruxelles, țelină, castraveți, tomate, pătrunjel, ridichi de toamnă și de lună, măr, păr, piersic, prun
	Zn	Sfeclă roșie, tomate, ceapă, păr
	B	Morcov, ridichi de toamnă și de lună, salată, spanac, tomate, cais, păr, cireș, piersic, prun, nuc
	Mo	Varză albă, varză de Bruxelles, sfeclă roșie, ridichi de toamnă și de lună, tomate, gulii

Scanned with OKEN Scanner

8.7.2. APLICAREA ÎNGRĂȘĂMINTELOR LA LEGUME CULTIVATE ÎN SPAȚII PROTEJATE

În ultimele decenii s-a dezvoltat mult cultura legumelor în sere și solarii. Cultura în sere se efectuează aproape tot timpul anului, obținîndu-se două sau mai multe recolte pe an, ceea ce presupune consum ridicat de apă și substanțe nutritive din sol. Asigurarea căldurii și umidității și chiar a intensității luminoase prin intervenția omului permite creșterea rapidă a plantelor și obținerea unor recolte mari. În asemenea condiții se folosesc cantități ridicate de îngrășăminte chimice spre a se asigura nutriția normală a plantelor, de ordinul tonelor la hectar, ceea ce înseamnă că solul trebuie să posede o mare capacitate de adsorbție. Prin analiza periodică a solului se urmărește evitarea excesului de substanțe minerale prin adaos de îngrășăminte, ceea ce ar putea mări presiunea osmotică a soluției solului peste limitele suportate de plante sau ar favoriza insuficiențe în nutriție datorită dezechilibrelor dintre diversele specii de ioni din soluția solului.

Aplicarea de îngrășăminte organice mărește capacitatea de adsorbție a solului, cum s-a arătat mai sus, însă condițiile optime de umiditate și căldură favorizează activitatea microorganismelor heterotrofe, care descompun relativ repede materia organică. Pe această cale, uneori pot rezulta în soluția solului cantități apreciabile de ioni minerali care, alături de cei adăugați sub formă de îngrășăminte chimice, pot crește mult concentrația soluției solului.

În sere și solarii, coeficientul de valorificare a substanței active din îngrășăminte este mai ridicat față de cel din condiții de cîmp.

Compoziția și însușirile solurilor din sere. Folosirea unor cantități mari de îngrășăminte chimice în condiții de seră duce la concluzia că solul trebuie să prezinte o alcătuire deosebită prin comparație cu cel din legumicultura practicată în cîmp. Această condiție se asigură prin crearea unui strat superficial de sol gros de 25—30 cm ce posedă o capacitate de adsorbție ridicată, permeabilitate sporită, aerație favorabilă, conținut ridicat de materie organică, un anumit echilibru între sărurile minerale din soluția solului. Spre deosebire de solul din cîmp, pentru cel din seră se acceptă termenul „pămînt de seră". Stratul acesta, a cărui durată de folosință poate fi de 15—25 ani, dacă sînt asigurate măsuri de dezinfecție (cu vapori de apă fierbinte sau alte substanțe) și drenaj pentru evitarea salinizării, se poate realiza din amestecuri ce cuprind „pămînt de țelină" (din lucerniere, pajiști de graminee) sau de grădină, turbă, nisip, composturi speciale, gunoi de grajd putred, paie tocate, pleavă de orez, uneori materiale sintetice.

Menționăm următoarele rețete de alcătuire a „pămîntului de seră" (după D e m i n î m, 1982):

a. pămînt de țelină 25% + turbă de mlaștini inferioare 75%;

b. pămînt de țelină 20% + gunoi semifermentat 20% + turbă de mlaștini inferioare 60%;

c. pămînt de grădină sau de cîmp 40% + turbă de mlaștini inferioare 40% + gunoi de cabaline cu așternut 20%;

d. pămînt de țelină sau de cîmp 10% + turbă de mlaștini inferioare 40% + turbă de mlaștini superioare sau intermediare 20% + 25% gunoi de grajd + 5% nisip.

Cînd lipsește turba se poate înlocui cu gunoi de grajd, mraniță sau compost la care se adaugă, pentru creșterea porozității și a capacității de adsorbție, paie tocate, rumeguș sau compost din coajă de rășinoase (vezi subcap. 5.9.11). Turba de mlaștini inferioare cu 10—12% cenușă, capacitate de reținere a apei de 500—1 000% din greutate, grad de saturație cu baze de 60—65%, săracă în Al schimbabil și forme mobile de Fe, Mn și B este cea mai indicată pentru realizarea pămîntului de seră. Dacă turba este prea acidă, se folosește calcar pentru aducerea reacției în limitele *p*H-ului 6,3—7,0. Un *p*H peste 7,5 nu este dorit deoarece începe insolubilizarea anumitor elemente nutritive, în primul rînd a fosfaților.

Scanned with OKEN Scanner

Reglarea ulterioară a materiei organice din solul de seră se face prin aport de gunoi de grajd. Aprecierea conținutului de materie organică se face în laborator, prin calcinarea unei probe de sol la 600°C. În funcție de textură, se consideră conținut optim de materie organică între 4—6% pentru soluri nisipoase sau nisipo-lutoase, 6—8% pentru cele lutoase sau luto-argiloase, 8—10% la cele argilo-lutoase și 10—12% la soluri argiloase. În solul de seră nisipos sau nisipo-lutos, aplicînd cantități prea mari de materie organică aceasta se descompune rapid datorită condițiilor favorabile de reacție, umiditate și temperatură, punînd în libertate un exces de ioni nutritivi ce pot afecta dezvoltarea plantelor cultivate. În solarii se apreciază ca fiind optim conținutul de 5—6% materie organică (după ICPA-București).

În cazul unor doze mari de gunoi de grajd semidescompus, pot să apară în solul de seră cantități importante de amoniac și hidrogen sulfurat dacă solul este supraumezit, cu efecte nocive mai ales asupra plantelor tinere.

Conținutul total de săruri solubile este un alt factor de apreciere a calității solurilor de seră. Normele mari de apă de irigație utilizabilă în sere și solarii, impuse de tehnologia de cultivare, fac posibilă acumularea treptată a unor cantități excesive de săruri solubile, chiar în cazul apelor considerate optime din punctul de vedere al reziduului fix. Totodată, condițiile specifice de exploatare (irigație, temperatură optimă, materie organică, îngrășăminte chimice) permit profunde transformări fizico-chimice în rețeaua cristalină a mineralelor argiloase, cu eliberare de ioni și apariția de fracțiuni coloidale ce contribuie la impermeabilizarea orizontului inferior celui lucrat. Controlul periodic prin analiza agrochimică a solului de seră evită asemenea fenomene, în primul rînd, salinizarea acestuia. Valorile limită tolerabile de plante se apreciază, în funcție de conținutul în *materie organică (MO)*, astfel:

$$CE(\text{mmho/cm}) \leqslant \frac{(2MO\%) + 15}{44}; \quad CTSS\% \leqslant \frac{(2MO\%) + 15}{100};$$

$$NaCl\ \text{mg/100 g} \leqslant (2MO\%) + 15.$$

Un conținut de săruri peste 500 mg/100 g sol uscat poate fi normal dezvoltării speciilor legumicole tolerante la salinitate, în timp ce 200 mg/100 g sol este o limită ce nu poate fi depășită în cazul celor slab sau moderat tolerante. Varza, spanacul și sparanghelul sînt foarte tolerante la excesul de săruri, în timp ce ridichea, țelina și mai ales fasolea sînt foarte sensibile la acest exces. Excesul de săruri solubile se elimină prin drenaj, folosind irigarea cu apă avînd conținut scăzut de săruri solubile (vezi și tabelul 4.12).

Prezența ionilor Cl^- și SO_4^{2-} are o semnificație majoră în dezvoltarea plantelor legumicole, alături de conținutul total de săruri solubile din solul de seră. Prin îngrășămintele potasice (KCl; K_2SO_4) și superfosfatul simplu se introduc în sol cantități apreciabile de Cl^- și SO_4^{2-}, ce pot depăși limita tolerată de speciile legumicole. Astfel, aplicînd 1 000 kg KCl/ha se introduc în sol circa 480 kg Cl, prin care se poate atinge ușor limita de toleranță a plantelor legumicole. Pentru solul cu conținut normal de materie organică, conținutul de clor nu trebuie să depășească 24 mg/100 g sol în cazul culturii tomatelor și 7 mg Cl/100 g sol la castraveți. Conținutul ridicat de materie organică mărește toleranța la Cl^- și SO_4^{2-}. Anionul SO_4^{2-} în exces produce putrezirea fructelor de tomate în partea opusă pețiolului, fenomen similar celui produs de insuficiența de calciu.

Apa de irigație are o importanță deosebită în menținerea conținutului normal de săruri solubile în solul din sere și solarii, a conținutului de ioni Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^- și Na^+. În scopul menținerii însușirilor favorabile ale solului de seră timp îndelungat, se recomandă ca apa de irigație să prezinte un *p*H între 6—7, să fie lipsită de reziduuri de petrol sau fenoli, reziduul mineral (reziduu fix) să fie sub 1 000 mg/litru, iar conținutul în diverși anioni și cationi să se situeze sub urmă-

Scanned with OKEN Scanner

toarele valori limită: 150 mg Cl^-, 350 mg SO_4^{2-}, 0,6 mg F, 350 mg Ca, 135 mg Na^+, 1 mg Fe^{2+} la litru.

Microelementele din solul de seră, aduse cu apa de irigație sau cu îngrășăminte (superfosfat simplu, nămoluri orășenești etc.), pot deveni nocive dacă depășesc valorile tolerate de plante. Se acceptă următoarele valori limită: 1 ppm B (în extract apos); 300 ppm Mn (extract în H_2SO_4 0,1 *n*); 8 ppm Cu (extract în HCl 0,1*n*); 6 ppm Zn și, respectiv, Co extrase în soluție de HNO_3 0,1 *n*; 0,5 ppm Mo (după *metoda Grig*).

Conținutul de macroelemente N, P, K și Mg în forme minerale ușor accesibile trebuie să se situeze, de asemenea, între limitele optime pentru plante. În ultimii ani se recomandă analiza extractului apos (raport sol : apă = 1 : 5) pentru dozarea macroelementelor și aprecierea nevoii de îngrășăminte sau a excesului și insuficienței lor. Întrucît materia organică (MO %) are importanță în eliberarea și adsorbția ionilor nutritivi în faza solidă, nivelurile optime de N, K, Mg se stabilesc după următoarele relații:

$$N = \frac{2(MO\ \%) + 15}{3};\quad K_2O = \frac{2(MO\ \%) + 15}{1{,}5};\quad MgO = \left[\frac{2(MO\%) + 15}{5}\right] \cdot 1{,}66$$

în care:

N, K_2O și MgO reprezintă mg/100 g sol substanță uscată;

(*MO* %) — procentul de substanță organică din sol (pierderi la calcinare, %).

Notînd cu *C* valorile obținute pentru N, K_2O și MgO după formulele menționate mai sus, limitele de interpretare orientativă a datelor de analiză a extractului apos de sol sînt indicate în tabelul 8.21. Fosforul dozat în extract apos se interpretează indiferent de conținutul solului în materie organică (tab. 8.21).

Tabelul 8.21

Limite de apreciere a conținutului de N, P, K și Mg din solul de sere (dozări în extract apos)

Conținutul solului	Valori corectate (mg N, K_2O, MgO/100 g sol)	mg P_2O_5/100 g sol
Scăzut	<0,33.C	<2
Moderat	0,50C—0,66.C	2—4
Relativ optim	0,66C—1,00.C	4—6
Ridicat	1,00C—1,33.C	>8
Foarte ridicat	> 1,33.C	

La solul de seră cu conținut normal de materie organică, limitele de interpretare a N mineral variază și în funcție de anotimp. După plantarea răsadului de tomate în timpul iernii, solul trebuie să conțină 4—5 mg N ca NO_3^- la 100 g sol; mai tîrziu, cînd începe fructificarea și consumul zilnic de azot crește, conținutul de NO_3^- poate crește la 7—8 mg N/100 g sol, pentru ca ulterior să ajungă la 9—10 mg N/100 g. La ciclul II de cultură al tomatelor de seră sînt condiții de lumină și temperatură mai favorabile creșterii plantelor, încît valorile optime pentru N—NO_3^- sînt tot timpul în jur de 8—10 mg N/100 g sol. La specii sensibile la excesul de nitrați (ardei, vinete, salată) conținutul de nitrați din sol trebuie să fie mai scăzut decît la tomate.

După Geissler și colab. (1965) pragul de toxicitate a N—NO_3^- începe la peste 700—800 mg N/litru pentru soluri destinate culturii castraveților, bogate în materie organică (circa 10% MO); pentru alte specii cultivate pe soluri conținînd circa 7% MO, toxicitatea începe la 400—500 mg N/litrul de sol. Se folosește exprimarea la litru pentru eliminarea erorilor datorate densității diferite prin aplicarea substanței organice în solul de seră, analiza efectuîndu-se după

Scanned with OKEN Scanner

metoda „expres". Pragul toxicității potasiului începe la 2 000—2 500 mg K/litrul de sol destinat culturii castraveților și la 1 300—1 500 mg K/litrul de sol destinat altor culturi.

Criterii de aplicare a îngrășămintelor în sere și solarii. Principiile teoretice privind aplicarea îngrășămintelor organice în sere și solarii rămîn aceleași ca în condiții de cîmp. Dozele se calculează după același procedeu. Datorită activității biologice intense, descompunerea îngrășămintelor organice se face în ritm mai accelerat, de aceea dozele pot fi superioare celor din cîmp. Se folosesc 80—100 t/ha gunoi de grajd semifermentat la solul de seră cu conținut normal de substanță organică și cantități pînă la 150/t ha la cele avînd conținut mai scăzut de humus. Gunoiul de grajd semifermentat se aplică în timpul verii între ciclurile de cultură, introducîndu-se în sol prin arătură. Nu se recomandă gunoi nefermentat, cu conținut ridicat de glucide, deoarece prin fermentare anaerobă în condițiile excesului de umiditate, descompunerea biochimică poate da naștere la compuși toxici.

Nămolul provenit de la complexele de creșterea bovinelor, cu conținut scăzut de așternut, poate fi utilizat după o prealabilă fermentare pe paturi de zvîntare sau în grămezi individuale, aerisite periodic. Gunoiul de la complexele de creștere a păsărilor pe podele este, de asemenea, recomandat după compostare timp de 2—3 luni în platforme. Se folosesc 15—20 t/ha, aplicat, de asemenea, între ciclurile de cultură a legumelor.

În timpul vegetației se poate efectua fertilizarea cu urină sau must din platforma de gunoi (1—2 t/ha), ambele fermentate în prealabil în bazinul de păstrare și diluate de 10—15 ori cu apă spre a nu exercita efect toxic asupra rădăcinilor prin cantitățile ridicate de azot amoniacal pe care le conțin. În același scop se poate utiliza compostul de păsări, diluat cu apă, cum s-a menționat la fertilizarea culturilor legumicole în cîmp. După plantarea răsadului, cînd plantele sînt încă tinere, urina, mustul din platformă și suspensia din gunoi de păsări pot exercita influențe negative dacă se aplică în doze ridicate, de aceea aplicarea lor este oportună după consolidarea sistemului radicular și a aparatului vegetativ.

Îngrășămintele minerale cu N, P, K și Mg se aplică în cantități necesare satisfacerii consumului specific. Se folosește atît fertilizarea de bază cu prilejul lucrării terenului în vederea plantărilor, cît și fertilizări faziale. Întotdeauna se ține seama de aprovizionarea solului cu elemente minerale în forme accesibile.

Fertilizarea de bază cu azot este necesară numai cînd solul conține puțină substanță organică și azot mineral, în special în serele recent luate în exploatare. Dacă s-au aplicat cantități importante de gunoi semidescompus, din mineralizarea acestuia în condiții de căldură și umiditate satisfăcătoare rezultă azotul necesar nutriției plantelor în stadiul tînăr, se evită nivelurile toxice prin aplicarea îngrășămintelor chimice. Dacă gunoiul introdus în sol a fost păios, cu raport C : N ridicat, sînt necesare și îngrășăminte chimice cu azot spre a se evita „foametea de azot". În acest caz dozele aplicate ca îngrășămînt de bază pot ajunge la 80—100 kg N/ha.

Fertilizarea cu N în timpul vegetației se face de mai multe ori, începînd din primele săptămîni după plantare pînă aproape de recoltare. Se urmărește ca prin dozele aplicate să crească concentrația soluției solului în azot mineral pînă la limitele optime dezvoltării plantelor. Acceptînd că pierderile prin levigare sînt neglijabile, creșterea conținutului de N mineral din stratul arat cu circa 1 mg N/100 g sol se poate realiza prin aplicarea a 30 kg N/ha sub forma îngrășămintelor chimice. Unii autori (K u n d l e r) recomandă la fiecare fertilizare fazială 5 g N/m². Efectuînd testări lunare asupra stării de aprovizionare a solului cu forme minerale de azot se poate stabili, cu oarecare precizie, mărimea dozelor de îngrășămînt. La o fertilizare fazială nu se recomandă peste 40—60 kg N/ha. Se utilizează azotat de amoniu sau sulfat de amoniu pe soluri cu reacție bazică și uree sau nitrocalcar pe cele acide. Dintre îngrășămintele complexe, se recomandă cele pe bază de fosfați

Scanned with OKEN Scanner

de amoniu (16—48—0; 23—23—0; 13—26—13) care sînt solubile în apă și se pot aplica în primul rînd ca îngrășămînt de bază. Între două fertilizări faziale trebuie să fie 10—20 zile.

La castraveți cultivați pe sol, prima fertilizare în timpul vegetației se face la o lună de la plantarea răsadului, iar tomatele se fertilizează la 6—7 săptămîni.

Îngrășămintele cu fosfor se aplică în întregime (sau aproape în întregime) ca îngrășămînt de bază prin încorporarea în sol sub brazdă. Stabilirea dozelor se face după aceleași criterii ca la culturile de cîmp. În serele avînd sol cu conținut normal de fosfați solubili în apă se folosesc circa 100 kg P_2O_5/ha, iar la cele cu conținut scăzut dozele pot crește la 300 kg P_2O_5/ha. Se recomandă superfosfat concentrat și alte îngrășăminte simple sau complexe care, prin faptul că sînt lipsite de balast, nu introduc în sol ioni ce pot contribui la creșterea concentrației soluției solului în săruri peste limitele tolerate de plante.

Îngrășămintele chimice cu potasiu se aplică în scopul realizării în sol a unui conținut optim necesar dezvoltării plantelor. Solurile cu textură lutoasă sau luto-argiloasă și conținut normal de materie organică trebuie să conțină 12—20 mg K_2O/100 g sol (dozat în extract apos, raportul sol : apă = 1 : 5) pentru dezvoltarea optimă a plantelor; la soluri argiloase valorile pot ajunge la 26 mg K_2O/100 g sol. La culturi mari consumatoare de potasiu (tomate) se asigură limitele superioare menționate, iar la cele mai puțin consumatoare limitele inferioare. Îngrășămintele se aplică în sol, în cea mai mare parte ca fertilizare de bază. Se recomandă sulfat de potasiu și azotat de potasiu (îngrășăminte lipsite de clor) în doze de 250—300 kg K_2O/ha ca îngrășămînt de bază și 10—15 g K_2O/m^2 fazial. Analiza periodică a solului oferă indicații în privința folosirii îngrășămintelor. La solurile sărace în potasiu solubil în extract apos se pot aplica (la tomate) doze ce ajung la 500—800 kg K_2O/ha.

În tabelul 8.22 se prezintă valori orientative privind doza integrală de îngrășăminte chimice, luate în cea mai mare parte după K u n d l e r (1970). La culturile din grupa 1, azotul se aplică numai fazial. La pătrunjel, ridichi, ceapă stufat se aplică maximum 5 g N/m^2, fazial.

Tabelul 8.22

Doze integrale de îngrășăminte chimice cu N, P și K aplicabile în sere în funcție de nevoile culturilor și cantitățile accesibile existente în sol (g/m^2)

Nevoile culturilor *	Conținutul solului în N, P, și K					
	Optim			Scăzut		
	N	P	K	N	P	K
Foarte ridicate (1)	20—30	7—15	35—45	30—40	15—20	50—60
Ridicate (2)	10—20	5—10	20—35	20—30	10—18	30—40
Moderate (3)	5—10	2—5	10—20	10—15	5—13	15—17
Scăzute (4)	3—5	—	5—8	5—10	—	8—10

* 1. castraveți timpurii și semitimpurii, tomate timpurii;
2. tomate semitimpurii și tîrzii, varză, castraveți tîrzii;
3. ardei, morcov, salată căpățini, andive, gulii, ridichi;
4. ridichi și gulii foarte timpurii sau foarte tîrzii, ceapă stufat, pătrunjel.

Îngrășămintele cu magneziu sînt necesare uneori în vederea realizării nivelului optim dezvoltării plantelor, 3—5 mg Mg/100 g sol. Se folosește sulfat de magneziu aplicat ca îngrășămînt de bază în doza de 2—4 g Mg/m^2. O fracțiune din doză se poate aplica fazial. Dacă s-au aplicat doze mari de gunoi de grajd, plantele legumicole își satisfac nevoile folosind Mg provenit din mineralizarea biochimică a acestuia.

Scanned with OKEN Scanner

Fertilizarea castraveților cultivați pe baloți. Cultura castraveților pe baloți de paie (în anotimpul rece) are drept scop creșterea temperaturii mediului în care se dezvoltă sistemul radicular, mărirea capacității de adsorbție a elementelor minerale, a gradului de aerisire și de reținere a apei. Baloții se așază culcați, pe șiruri de-a lungul traveelor, în rigole deschise cu rariță, se udă cu apă fierbinte (sau rece) în două reprize la interval de 2 zile, folosind circa 1,5 litri apă pentru fiecare kilogram paie. După udare paiele adsorb apă, mărindu-și însușirea de reținere a îngrășămintelor minerale ce se vor aplica la 2 zile (îngrășământ de bază) după ultima udare. La fiecare 100 kg paie se aplică 0,45 kg N ca NH_4NO_3 sau uree, 0,20 kg P_2O_5 sub formă de superfosfat concentrat, 0,55 kg K_2O ca sulfat de potasiu, 0,40 kg sulfat de magneziu și 3,5—4,0 kg praf de calcar. După aceea baloții se stropesc uniform cu apă rece. În cîteva zile începe un proces de fermentare a paielor din baloți, care poate crește temperatura la 48—50°C, după o săptămînă temperatura scăzînd la 30°C. După stabilirea acestei temperaturi timp de cîteva zile, baloții se acoperă integral cu un strat de 8—10 cm pămînt (se pot acoperi numai locurile unde urmează să se planteze răsadul din ghivece), peste 12—15 zile urmînd să se planteze răsadul. Urmează fertilizările faziale.

Prima fertilizare fazială se face la două săptămîni de la plantare, cu soluții conținînd 70 mg NH_4NO_3 și 70 mg K_2SO_4 la 100 l apă, avînd grijă să nu se aplice peste 5—8 g N și 10—15 g K_2O/m^2. Următoarea fertilizare suplimentară se aplică la 1—2 săptămîni.

Menționăm că la 1 ha de seră se folosesc circa 6 000 baloți de paie de cereale (peste 100 t), paiele fiind lipsite de erbicide și, eventual, tratate și cu antidăunători, concomitent cu aplicarea îngrășămintelor.

Analiza periodică a solului în timpul vegetației se face recoltînd probe de lîngă baloții aflați în stadiu avansat de descompunere, zonă în care se află distribuită principala masă radiculară a castraveților.

Dacă apar insuficiențe de microelemente, acestea se completează prin stropiri foliare, în concentrațiile menționate la capitolul îngrășăminte cu microelemente.

Aplicarea îngrășămintelor în răsadnițe. Obținerea răsadurilor de varză, conopidă, tomate și castraveți, în vederea plantărilor timpurii primăvara în cîmp, poate avea loc în răsadnițe clasice, gunoiul de grajd ce fermentează constituind singura sursă de căldură și în condiții de seră, unde încălzirea se produce artificial. În agricultura intensivă, obținerea răsadului are caracter industrial, fiind produs în sere specializate, de unde este livrat la timpul oportun fermelor agricole și altor beneficiari.

În condițiile de seră, de mare însemnătate pentru obținerea unui răsad de calitate este realizarea substratului nutritiv și aplicarea fazială a îngrășămintelor.

Substratul nutritiv se realizează aplicînd toamna în sol 100—200 t/ha gunoi putred sau compost, la care se adaugă 40—80 kg P_2O_5, 60—120 kg K_2O și, eventual, praf de calcar. Se urmărește realizarea unui conținut de 20—25% substanță organică, 100—120 ppm N mineral, 70—80 ppm P solubil în apă, 200—250 ppm K și un *p*H de circa 6,5. Cultura se însămînțează și întreține potrivit recomandărilor de specialitate. După răsărire se aplică două fertilizări faziale: prima, cînd plantele au două frunze, folosind 10 l/m^2 soluție conținînd 6 g N ca NH_4NO_3, 5 g P_2O_5 ca superfosfat concentrat și 5 g K_2O sub formă de KCl; a doua fertilizare se face după o săptămînă, cu 10 l/m^2 soluție conținînd 10—12 g N, 8 g P_2O_5 și 11 g K_2O.

La varză și conopida plantate în cuburi nutritive se pot aplica aceleași fertilizări faziale. Pe lîngă acestea, se efectuează stropiri extraradiculare cu soluții conținînd 0,02% borax și 0,05% molibdat de amoniu.

Răsadul se poate obține și în lăzi de scîndură pe substrat de turbă de mlaștini superioare la care se adaugă 500 g NH_4NO_3, 700 g superfosfat concentrat, 200 g K_2SO_4, 10—12 kg praf de calcar dolomitic și 2 g $ZnSO_4$.

Scanned with OKEN Scanner

8.8. SUBSTRATURI DE CULTIVARE A PLANTELOR ÎN CONDIȚII SPECIALE

Termenul „substraturi de cultură" sau „substraturi de creștere" a plantelor este utilizat pentru a desemna mediul lichid sau solid creat de om pentru cultivarea anumitor specii de plante. Asemenea substraturi sînt caracteristice speciilor horticole, reprezentînd cel mai modern mijloc de condiționare a mediului în care se dezvoltă sistemul radicular.

Substraturi solide pentru creșterea plantelor. Substraturile solide sînt destinate cultivării unor plante ornamentale sau legumicole în recipienți, platforme sau vase speciale (ghivece), unde mediul explorat de rădăcini rămîne limitat. Fiecare specie cere un anumit mediu de cultură, însă practic se folosesc *substraturi standard* ce îndeplinesc anumite condiții fizico-chimice. Un asemenea substrat trebuie să asigure plantei condiții optime de nutriție cu apă, aer și elemente nutritive necesare creșterii, să fie lipsit de substanțe toxice. Substratul constă dintr-un component principal de natură organică, care este, în general, turba, și un component secundar de proveniență minerală sau sintetică (nisip cuarțos, perlit, vermiculit, piatră ponce, zguri vulcanice, argile cu rețea expandabilă etc.) Principalele însușiri ale turbei au fost prezentate în capitolul 5, și subcap. 8.7.

Evaluarea proprietăților fizice ale substratelor se face pe baza unor însușiri standard (B o o n d t, 1965): densitate aparentă, porozitate totală, conținutul de aer la pF 1 și conținutul de apă la *p*F 1, *p*F 1,5 și *p*F 2; conținutul de aer și de apă la *p*F 1—*p*F 1,7; *p*F 2—*p*F 1,7 și *p*F 2 trebuie să fie, respectiv, între 20—30, 6—10 și 15—39.

Conținutul de apă la *p*F cuprins între 1,0—1,7 este considerat ușor accesibil plantelor, între 1,7—2,0 se află așa-numita capacitate tampon pentru apă, iar la *p*F 2,0 se află apă dificil accesibilă. Materialul pentru analiză se recoltează la 11 zile după realizarea substratului.

Cele mai multe specii ornamentale sau legumicole cer un *p*H acid sau slab acid (tabelul 8.10); folosirea prafului de dolomită, a îngrășămintelor cu macro- și microelemente se face ținînd seama de raportul $N : P_2O_5 : K_2O$ care trebuie să fie 1 : 1 : 1,5. Ferul trebuie aplicat sub formă de compuși care-l mențin în formă accesibilă plantelor. De obicei se folosesc cantități mici și în mod repetat la cîteva zile.

Perlitul este un material de origine vulcanică rezultat printr-un proces de încălzire la 1 000—1 100°C, cu o anumită capacitate de schimb cationic. Se prezintă sub formă de granule rotunde, mici, ușoare, al căror rost principal în substrat este proporționarea aerației și reținerii de apă.

Vermiculitul este un silicat de aluminiu cu constituție micacee în care se află și magneziu, format tot la temperaturi de 1 000—1 100°C. Conține ceva materie organică față de perlit (9%) și, spre deosebire de acesta, are putere tampon și capacitate de schimb cationic ridicată, ceea ce frînează modificările de *p*H. Există două feluri de vermiculit: unul ușor acid cu *p*H 6—6,8 și altul ce conține $CaCO_3 + MgCO_3$, avînd *p*H ușor alcalin. Primul este recomandat ca material pentru substrat de creștere.

Lipsa turbei sau costul transportului la distanțe mari a dat naștere la încercări de a o substitui cu compost din coajă de rășinoase, cu rumeguș de lemn sau din tulpini de mac etc. Compostul din coajă de rășinoase trebuie să fie bine fermentat pentru dispariția substanțelor fitotoxice: rășini, taninuri, compuși fenolici. El trebuie să fie alcătuit din particule mici: 35% (din greutate) sub 0,8 mm, 55% între 0,8—0,2 mm și 10% peste 3,2 mm diametru (G a r t n e r și colab., 1972). Un asemenea compost poate avea porozitatea totală 70—80% (din volum), conținutul de aer la *p*F 1 de 19,5—22,0, conținutul de apă accesibilă la *p*F 1—*p*F 2

de 21,5—23,2 şi conţinutul de apă la *p*F 2 de 34—35% (C a p p a e r t, 1975/76). Buna descompunere presupune şi absenţa carenţelor de azot ce pot apărea în timpul folosirii compostului.

Se mai recomandă: sol cu litieră de pădure conţinînd peste 60% substanţă organică, pleavă de orez, deşeuri de la industria textilă sau de tescovină.

Ca substanţe organice de natură sintetică se folosesc granule de poliesteri cu denumirile comerciale *Hygromull* şi *Styromull*, primul produs pentru creşterea capacităţii de reţinere a apei şi al doilea pentru creşterea capacităţii de aer, amestecul lor cu turbă fiind în proporţie de 50%; răşinile schimbătoare de ioni măresc capacitatea de reţinere ionică a substratului; complecşii sintetici (ca *EDTA*) contribuie la mobilizarea unor microelemente etc.

Însuşirile cîtorva amestecuri de materiale pentru substraturi nutritive sînt prezentate în tabelul 8.23. Fiecare din acestea trebuie îmbogăţite în elemente nutritive.

Tabelul 8.23

Proprietăţile fizice ale cîtorva amestecuri de materiale pentru substraturi nutritive (după P a l l a r e s şi G o n z a l e z, 1984)

Substratul	Densitate aparentă (g/cm³)	Densitate reală g/cm³	Porozitate totală (%)	Volumul aerului (%)	Volumul apei uşor accesibilă (%)	Volumul apei de rezervă (%)
75% turbă + 25% vermiculit	0,112	1,681	93,2	18,4	29,8	8,4
75% turbă + 25% perlit	1,120	1,73 0	93,2	34,9	26,1	5,3
75% turbă+25% Styromull	0,081	1,306	93,8	46,1	19,7	4,8
50% turbă+50% sol litieră	0,241	1,873	87,1	22,0	30,6	5,6
25% turbă + 75% compost răşinoase	0,220	1,662	86,7	25,1	24,8	5,8
Substrat teoretic ideal	0,215	1,440	85,0	20—30	20—30	6—10

Substratul standard poate fi o turbă + montmorilonit îmbogăţit în fosfor, la care se adaugă azot sub formă de sulfat sau azotat de amoniu (0,8 g/l) şi 1 g de K, iar la nevoie şi calcar, funcţie de pretenţiile plantei. Un asemenea material poate fi utilizat pentru creşterea plantelor din răsad în cutii mici din material sintetic, pînă la transplantare (în acest caz amestecul este mai sărac în elemente nutritive), mai tîrziu, la plante mai în vîrstă, substratul este mai bogat în elemente minerale. Se urmăreşte menţinerea raportului N : P_2O_5:K_2O de 1:1:1,5.

Pentru adaosul elementelor nutritive se pot folosi mai degrabă soluţii nutritive care se aplică sub formă de irigaţie.

Substraturi lichide pentru creşterea plantelor. S-a menţionat că soluţiile nutritive au fost extinse din domeniul cercetărilor în acela al producţiei. Termenul *hidroponica* înseamnă de fapt obţinerea de culturi pe substraturi lichide. Dacă substratul este soluţie pură sau se foloseşte şi un substrat solid, se disting două variante de lucru: *hidroponica I*, în care plantele sînt cultivate dîn vase de lemn, din beton sau material sintetic, rădăcinile stînd în soluţia nutritivă, iar tulpina sprijinită pe suporţi solizi şi *hidroponica II* caracterizată prin aceea că la fundul vasului sau a patului pe care sînt crescute plantele se aşază mai întîi un substrat solid din materialele menţionate mai sus (sau din altele nemenţionate), în care se dezvoltă rădăcina plantelor, peste acesta adăugîndu-se soluţia nutritivă. Pentru condiţii de producţie s-a experimentat şi utilizat mai mult cel de al doilea sistem.

Scanned with OKEN Scanner

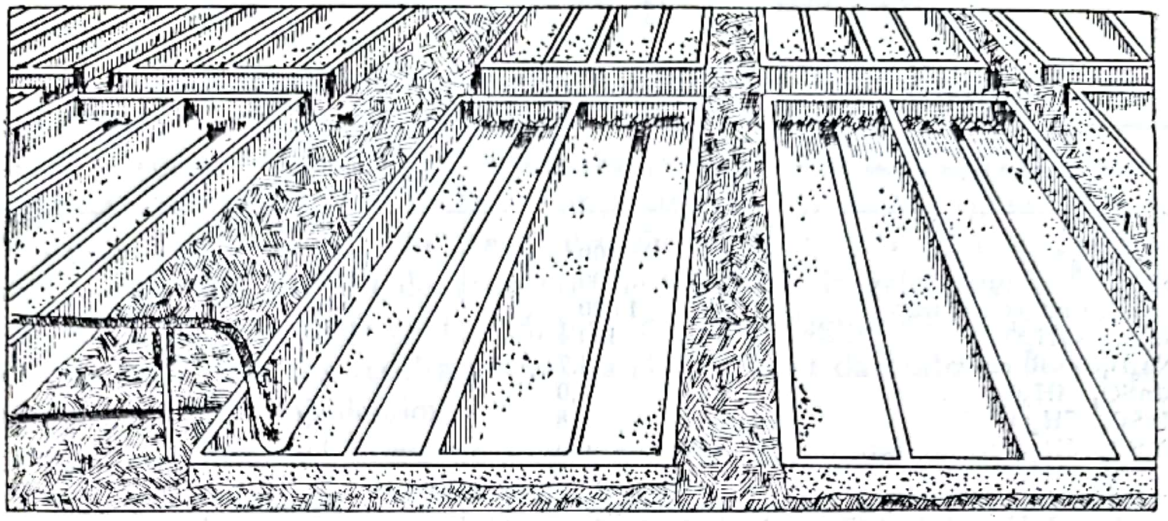


Fig. 8.3. Privire generală asupra dispunerii paturilor de cultivare a plantelor în sistemul „hidroponica".

Cultura pe substraturi lichide se pretează pentru legume și flori, în zone în care perioada călduroasă a anului este suficient de lungă spre a se putea obține două recolte pe an, uneori lungirea perioadei cu temperatură corespunzătoare creșterii plantelor făcîndu-se prin protejarea artificială a spațiului cu folii de polietilenă timp de 1—1 1/2 luni, primăvara sau toamna. Paturile pe care se efectuează cultura, confecționate din beton (fig. 8.3), sînt inițial o investiție costisitoare. S-a experimentat cu succes folia de polietilenă groasă de 0,25 mm aplicată pe solul din solarii, prin acesta reducîndu-se cheltuielile cu o treime comparativ cu paturile din beton (M ă n e s c u, 1964). Folia durează 4—5 ani. Pe această folie, sau la baza paturilor din beton, se aplică substratul solid reprezentat prin amestecurile menționate în tabelul 8.23, sau un strat de zgură și pietriș gros de 5—8 cm peste care se așază altul de nisip gros de 10—12 cm, sau reziduuri (granule sau bețișoare) din policlorură de vinil, polipropilen sau polifenol (A r n o l d, 1984; B e r g m a n n, 1964). Cel mai bun substrat se pare că este amestecul de turbă sau mușchi cu nisip sau pietriș mărunt sau cu vermiculit.

Soluțiile nutritive clasice au suferit multe modificări, în funcție de cultură și condițiile de lucru. Concentrația soluției în săruri totale variază între 1—2‰ (alteori pînă la 5‰), corespunzătoare unei presiuni osmotice de 0,5—1,5 atm. Anumite particularități ale soluțiilor s-au discutat în capitolul 6. Soluția nutritivă adăugată pe patul de cultură își modifică compoziția în elemente și *p*H-ul, în urma absorbției elementelor de către plante și datorită interacțiunilor ce apar între substanțele chimice din soluție, cu formarea de precipitate, sau reacției acestora cu substratul solid. Soluția inițială (tabelul 8.24) se dilucază de 4 ori în cazul obținerii răsadurilor, de două ori după transplantarea acestora, folosindu-se soluția indicată în tabel după ce plantele au început să crească.

Vermiculitul și zgura din cărbune de pămînt au tendința de alcalinizare a soluției nutritive, iar turba acidifiază soluția. Vermiculitul și turba posedă însușirea de reținere a ionilor NH_4^+ și K^+, la vermiculit reținîndu-se și ionii fosfat. Din vermiculit se eliberează în soluție ioni de Ca și Mg (V e n d i l o, 1964).

Restul de rădăcini ce rămîn în zgură după recoltarea plantelor pot crea îmbolnăviri noilor culturi, de aceea substratul solid se tratează cu o soluție de HCl 3%, permanganat de potasiu 1% sau $CaCl_2$ 1 kg/m². Rezultă o zgură cu însușiri superioare celei inițiale (G ë l l e r, 1964).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8.24

Săruri utilizabile la prepararea soluțiilor nutritive pentru hidroponica

Săruri folosite la prepararea soluției	g/1000 l apă *	g/1000 l apă **	g/1 000 l apă ***
NH_4NO_3	200	—	205
KNO_3	800	1 450	—
Superfosfat concentrat	1 000	835	1 160
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	120	180	—
$Na_2B_4O_7 \cdot 10\ H_2O$	1,7	1,0	1,7
$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	2,0	2,5	2
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0,8	1,0	0,8
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0,6	1,0	0,6
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	14	16	14
$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	—	3	—
K_2SO_4			598 — 1 460

* după Mănescu; ** după Pudeski; *** după Andraș

Culturile hidropinice au nevoie de o continuă aerisire a rădăcinilor prin barbotarea aerului sau prin folosirea de substraturi solide cu capacitate mare de reținere a aerului. Soluția nutritivă se completează zilnic sau la două zile printr-un sistem de irigare cu picătura (Arnold Bik, 1983) sau prin schimbarea săptămînală sau la intervale de timp mai mari, funcție de modificările ce apar în elementele nutritive din soluție sau de *p*H. Conținutul ionilor de Fe^{2+} și $H_2PO_4^-$ este cel mai important întrucît aceștia pot precipita, îmbogățind substratul solid, de aceea se intervine mai des pentru corectarea soluției nutritive cu citrat de Fe sau soluție de superfosfat.

Rezultatele experimentale (Davtian, 1964; Mănescu, 1964) au arătat că se obțin sporuri de producție prin comparație cu cultura acelorași plante legumicole pe sol, perioada de vegetație scurtîndu-se cu 30—60 zile.

În practică cel mai convenabil sistem este cel *închis*, la care se folosește și un substrat solid pentru creșterea plantelor, iar soluția nutritivă se recirculă sub formă de peliculă fină.

Sistemul de cultură pe substraturi nutritive face economie de energie prin comparație cu alte sisteme de cultură (Arnold Bik, 1981): se evită sterilizarea solului din sere, care se face anual; crește substanțial capacitatea de folosire a arealului; se echilibrează excesul de umiditate atmosferică întîlnit adesea în sere. În Olanda se preconizau, în 1982, 800 ha pentru legume cultivate după acest sistem. În floricultură, substratul lichid nu s-a extins prea mult din cauza dificultăților ce apar în combaterea fuzariozelor și a altor boli. Sistemele de cultură pe substraturi nutritive cu circularea soluției în sistem automatizat pare a fi de perspectivă în legumicultură.

Teste recapitulative

8.1. Descrieți sistemul de folosire a îngrășămintelor la principalele culturi de cimp, în condițiile agriculturii intensive.

8.2. Prezentați sistemul de folosire a îngrășămintelor pentru cultura intensivă a legumelor în cimp și în spații protejate.

8.3. Arătați particularitățile de nutriție ale pomilor și arbuștilor fructiferi; prezentați sistemul de fertilizare pentru plantațiile clasice și pentru cele intensive aflate pe rod.

8.4. Descrieți particularitățile nutriției viței de vie și sistemul de fertilizare pentru obținerea de recolte mari de calitate superioară.

Scanned with OKEN Scanner

9. PESTI CIDEUTILIZATE ÎN AGRICULTURĂ

În mediul de creştere şi dezvoltare al plantelor cultivate există un număr important de agenţi fitopatogeni, specii de insecte şi alţi dăunători, numeroase buruieni ce concurează plantele în privinţa hranei şi a apei. Pagubele cauzate de boli sau dăunători erau în trecut deosebit de grave. În „ani de puternice epifiţii" se apreciau scăderi de producţie de 15—70% la grîu (rugini, făinare), 40—50% la cartof şi viţa de vie (mană, putregai ş.a.). Pagubele se ridică, pe plan mondial, la circa 35% din recolta potenţială (11,6% fiind datorate bolilor, 13,8% dăunătorilor şi 9,5% buruienilor).

Protejarea culturilor înseamnă obţinerea unui volum mai mare de produse alimentare sau furajere de calitate superioară, pentru a fi consumate, conservate, prelucrate sau păstrate fără riscuri şi cu pierderi minime. Chimioterapiei îi revine în această direcţie un rol deosebit, alături de metodele de combatere fizico-mecanice, agrotehnice şi biologice în cadrul *luptei integrate*.

Pesticidele sînt substanţe chimice simple sau complexe, utilizabile la combaterea bolilor, dăunătorilor şi a buruienilor ce afectează culturile în cîmp sau produsele consumabile din depozite.

Clasificarea pesticidelor se face după mai multe criterii: după grupa (grupele) de organisme pe care le combate, după modul de acţiune, după natura chimică a produselor, după starea fizică a substanţelor, după toxicitate etc. (tabelul 9.1).

Tabelul 9.1

Clasificarea pesticidelor

Criteriul de clasificare	Clasificarea
Grupa de organisme pe care le combate	a) virulicide (virulostatice); b) bactericide (bacteriostatice); c) fungicide (fungostatice) sau anticriptogamice; d) cu acţiune mixtă (fungicidă + zoocidă); e) insecticide; f) chimiotropice (repelenţi, atractanţi); g) acaricide; h) nematocide; şi sterilizanţi de sol; i) rodenticide; j) moluscide (clasele c—j au acţiune zoocidă); k) erbicide.
Modul de acţiune	a) de contact (atingere); b) de ingestie (stomacale); c) asfixiante (fumigante); d) penetrantă; e) combinată; f) sistemică.
Natura chimică	a) anorganice sau minerale; b) organice de sinteză; c) organice naturale; d) organo-minerale; e) biologice.
Starea fizică	a) solide; a_1) pulberi pentru prăfuit la sol sau pe seminţe; pulberi umectabile; pulberi solubile; a_2) granule; b) sub formă de pastă; c) lichide volatile sau nevolatile; d) gazoase.
Toxicitate	a) extrem de toxice; b) puternic toxice; c) moderat toxice; d) toxicitate scăzută; e) practic netoxic; f) inofensive.

Scanned with OKEN Scanner

Producția și consumul de pesticide au crescut continuu pe plan mondial.

Pe grupuri de pesticide, se resimte o sporire substanțială a ponderii erbicidelor și creșterii mai mici la funcgicide, insecticide și acaricide. În țara noastră producția de pesticide a evoluat astfel: 5 507 t în 1950; 23 320 t în 1965; 35 866 t în 1975; 40 000 t în 1978; peste 48 000 t în 1983 și 52 518 t în 1986. Pentru cincinalul 1986—1990 se prevede o creștere de 1,4—1,5 ori, față de cincinalul trecut.

Condiționare și compatibilitate. Pesticidele sînt amestecuri obținute între o *substanță activă*, cu acțiune biologică de combatere, prezentă în cantitate mică, și *substanțe auxiliare* (diluanți, adezivi, muianți, emulgatori, adjuvanți, sinergizanți, antidoți), substanțe adăugate cu scopul îmbunătățirii calităților fizice și chimice ale produselor (tabelul 9.2).

Tabelul 9.2

Substanțe auxiliare care intră în componența produselor comerciale livrate ca pesticide

Grupul de substanțe	Obiective urmărite	Substanța auxiliară	Proprietăți, domenii de utilizare
1	2	3	4
DILUANȚI	Servesc ca suport pentru substanța activă (rol de diluare), uneori prezentă în cantitate mică pentru a asigura volumul necesar în tratare (de acoperire a organelor)	— Bentonită, caolin, cretă, ghips, talc, alcooli, uleiuri minerale, rășini, săpunuri; — Apa	Utilizați de industria chimică furnizoare a pesticidului Utilizată de către beneficiar
ADEZIVI	Au rol de fixare a pesticidului — suspensiilor (zemurilor de stropit), cu deosebire pe organele ceroase — fructe, frunze (ceapă, varză ș.a.)	— ARACET E/ACM — acetat de polivinil+alcool polivinilic+plastifiant (Uz. Ch. Rișnov), conc. 0,2%; — Au rol de adezivi: alaunul, caseina, gelatina, melasa.	Pastă fluidă albă care îngheață ușor; se întărește după 8—10 luni. Produs toxic.
MUIANȚI	Reduc tensiunea superficială a lichidului de stropit, care are tendința de a sta sub formă de picături pe organele tratate (măresc suprafața de contact cu planta)	— DETERSIN DBS, PA 16%, PS 20% — alchilaril sulfonat de Na (I. Ch. Timișoara), conc. 0,2%	Pastă sau pulbere ce se adaugă la zeama bordeleză. Sporește acoperirea cu 20—30%.
		— AGRAL CS 90%, conc. 0,1%	Pentru Reglone și Gramoxone
		— SANDOVIT L 93%, conc. 0,05%	Pentru zeama bordeleză ș.a.
		— Săpunuri	
EMULGATORI	Stabilizatori ai emulsiilor livrați sau folosiți de beneficiar pentru diluarea acestora	— EMULGATORUL F 22-dodecil-benzen sulfonat de calciu + alcool polietoxilat (I. Detergenți Timișoara), conc. 0,25—1%	Stabilizator tensioactiv de emulsii

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9.2. (continuare)

1	2	3	4
ADJUVANȚI antidrift, antievaporanți, adjuvanți-mușanți	Produse speciale adăugate mai ales la tratamentele VUR efectuate cu aviația utilitară	ANTIEVAPORANT AI-4P	Adăugat la suspensiile de pesticide în apă, condiționate VUR; reduce evaporarea picăturilor și deriva
		TRITON CS 7% — sulfosuccinat de Na + octilfenoxipolietoxietanol, conc. 0,05% la 100 l volum de tratat/ha și 0,3% la 20 l/ha	Adjuvant pentru îmbunătățirea calității suspensiilor, emulsiilor, zemurilor de stropit, antievaporant și reducător al derivei. Produs netoxic
		LO-DRIFT — acrilat de Na + acrilamidă, 70 g/ha în 20 l apă	Adjuvant antidrift și antievaporant la tratamente VUR cu aviația
		AMELOSAN CE-54%, ulei alb, în doză de 3 l/ha	Adjuvant, muiant și adeziv pentru suspensii de fungicide (Dithane M-45 ș.a.)
SINERGIZANȚI ȘI ANTIDOȚI	Sînt substanțe care sporesc acțiunea unui pesticid sau le măresc selectivitatea	SEPPIC 11 E	Sporește acțiunea Atrazinului față de buruieni și îi micșorează remanența
		ANTIDOTUL R-25788	Se adaugă la erbicidele pe bază de EPTC spre a le mări selectivitatea

Stropirile cu volum normal (*VN*) se efectuează cu duze și aparatură clasică. la presiune joasă, realizîndu-se picături mari de 400—1 500 microni în diametru, Tratamentele *VN* sînt practicate la stropirile de iarnă, în pomicultură cînd picăturile se unesc și zeama curge pe ramuri (stropiri prin „îmbăiere"). Cantitatea de lichid necesară/ha este de 1 000—3 500 l. Aplicarea în timpul vegetației asigură o acoperire a suprafețelor tratate de numai 40—60%. Stropirile cu volum redus (*VR*), în picături fine, de 150—250 microni se fac prin pulverizare cu motopompe sau aviație, la presiune ridicată și duze speciale și cu o cantitate de lichid de 5—20 ori mai mică, cu adaos de adjuvanți. În cazul stropirilor cu volum ultraredus (*VUR*) picăturile sînt sub 100 microni (ceață toxică), iar pesticidul condiționat special, în ulei sau solvenți polari nu se mai diluează, sau se utilizează cantități mici de diluant.

Pesticidele sînt *condiționate* și comercializate sub formă de produse în stare solidă, lichidă, gazoasă și pastă. Notarea lor prescurtată, acceptată în țara noastră este următoarea: *CA* — concentrat pentru aplicarea sub formă de aerosoli; *CE* — concentrat emulsionabil; *CM* — concentrat pentru momeli; *CS* — concentrat solubil în apă; *G* —granule; *GA* —gaz sub presiune; *GD* — granule dispersabile în apă; *GS* — granule solubile în apă; *LV* — lichid cu acțiune toxică prin volatilizare; *M* — momeală; *PA* — pastă; *PP* — pulbere de prăfuit; *PS* — pulbere solubilă în apă; *PTS* — pulbere pentru tratarea uscată a semințelor; *PU* — pulbere umectabilă; *PUS* — pulbere umectabilă pentru tratarea semințelor (slurry) — semiumed; *SC* — suspensie concentrată; *SV* — produs solid (pulberi, tablete) cu acțiune toxică prin

Scanned with OKEN Scanner

volatilizare; *SVR* — suspensie pentru aplicare cu volum redus; *SVUR* — idem cu volum ultraredus; *VR* — lichid pentru aplicarea cu volum redus; *VUR* — idem cu volum ultraredus.

În legătură cu *compatibilitatea* pesticidelor (pentru a efectua la un singur tratament combaterea mai multor specii dăunătoare), sînt recomandări speciale. Prin amestec există posibilitatea ca unele produse să se degradeze fizic sau chimic, să piardă proprietățile de pesticid sau să devină fitotoxice.

Nomenclatură. Toxicitate și efecte reziduale. Protecția muncii. Pesticidele au o denumire chimică și alta comercială adoptată de Organizația Internațională pentru Standardizare *(ISO)*, oricît de multe ar fi denumirile date de firmele producătoare. De exemplu: ZINEB este denumirea comercială acceptată; N, N-etilen-bisditiocarbamatul de zinc este denumirea chimică; alte denumiri comerciale: Zindan, Dithane Z, Perozin, Microneb, Aspor etc.

Pesticidele sînt substanțe sintetice sau naturale cu acțiune biologică deosebită pentru organismul uman. Utilizarea lor trebuie făcută fără riscuri. Estimarea toxicității unui pesticid se face în mg substanță activă/kg corp greutate vie și se exprimă prin doza letală — DL_{50} — doză care administrată pe cale orală la cobai albi determină moartea în timp de 14 zile a 50% dintre aceștia. Cu cît DL_{50} este mai mică, pesticidul este mai toxic (tabelul 9.3). Persoanelor fizice li se pot distribui, pentru combatere în gospodăria proprie, numai pesticide din grupele III și IV.

Tabelul 9.3

Grupele de toxicitate a pesticidelor

Grupa	Toxicitatea	DL_{50} oral (mg/kg)	Culoarea de atenționare pe ambalaj
I	Extrem de toxice	< 50	Roșie
II	Puternic toxice	50—200	Verde
III	Moderat toxice	201—1 000	Albastră
IV	Toxicitate redusă	> 1 000	Neagră

În afara toxicității de ingestie se mai raportează toxicitatea cutanee, respiratorie, cumulativă, pentru pești, păsări, albine, entomofagi etc. Unele pesticide pot fi inflamabile, explozive, iritante, corosive și oxidante, proprietăți marcate cu semne specifice pe ambalaj.

Reziduul este cantitatea de substanță activă sau produse de degradare ale acesteia care se găsesc pe (în) produsele alimentare în momentul consumului, putînd ajunge în organismul uman. Nivelul lui este în funcție de numeroși factori: natura produsului, acumulabilitatea, remanența. Se tinde să se renunțe la pesticidele greu degradabile. Acestea, aplicate chiar la sol, persistă îndelungat și se acumulează în plante. Cel mai răspîndit reziduu în boabe este HCH-ul (0,02—0,42 ppm). Grîul poate prelua din sol 0,09—0,33 ppm insecticide organoclorurate iar porumbul 0,1—0,33 ppm (R ă u ț ă și colab. 1975). În furaje s-au concentrat cantități mari de HCH și DDT (17—18 ppm în boabe și fîn și 9,4 în vreji de mazăre, cantități regăsibile parțial în lapte). În mediul acvatic, deși concentrația este scăzută (0,38—0,41 ppm HCH) coeficientul de acumulare în plancton și în pești este foarte ridicat (P o l i z u și colab., 1979).

Se admite că unele pesticide se pot ingera zilnic cu alimentele în anumite cantități fără a avea o acțiune toxică. Această doză, notată ADI — „Acceptable daily intakes" — sau DZA — doza zilnică admisă — se exprimă în ppm. Se ajunge astfel la noțiunea de toleranță.

Toleranța este concentrația maximă permisă dintr-un reziduu de pesticid (sau produși de degradare ai acestuia) în produsul alimentar, la un anumit moment specific (recoltare, depozitare, consum) exprimată în ppm (tabelul 9.4).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9.4

Toleranța de reziduuri (ppm) — Codex alimentarius (1977)

Pesticidul \ Produs alimentar	Grîu	Porumb	Orez	Soia	Cartof	Tomate	Struguri	Mere	Pere	Piersice	Prune	Carne	Ouă	Lapte	Produse lactate
Benomil	0,5	—	0,5	—	0,1	5	10	5	5	10	2	0,1	0,1	0,1	—
Captan	—	—	—	—	—	15	5	40	30	15	15	—	—	—	—
Carbaril	—	—	—	1	0,2	5	5	5	5	10	10	0,2	0,5	0,1	0,1
DDT	—	—	—	—	—	—	—	7	7	7	3,5	7	0,5	1,25	1,25
Diclorvos	2	—	2	2	2	0,5	—	0,1	0,1	0,1	—	0,05	0,05	0,02	—
Fenitrotion	10	—	0,5	0,1	0,05	0,5	0,5	0,5	0,1	2	—	0,05	—	0,05	0,05
Lindan	0,5	—	0,5	1	0,05	—	3	1	1	—	3	2	0,1	0,2	0,2
Parathion	—	—	—	—	—	0,7	0,7	0,5	0,5	1	—	—	—	—	—
Triclorfon	0,2	0,1	—	0,1	0,2	0,1	—	0,1	—	0,2	—	0,1	—	0,05	—

Scanned with OKEN Scanner

Redăm mai jos unele toleranțe stabilite prin reglementările în vigoare în țara noastră (în ppm):

— HCH :0—lapte și unt; 2 — carne; 0,2 — ouă; 2 — alte produse.
— Malation: 5 — fructe; 6 — legume frunzoase; 3 — alte legume; 8 — cereale.
— Metil paration: 0,2 — fructe; 1 — legume; 0,5 — tomate.
— Dimetoat: 2 — legume; 1 — tomate.
— Zineb: 7 — legume; fructe.

Intervalul de pauză (timp de pauză sau de siguranță) reprezintă perioada cuprinsă între aplicarea tratamentului și cel în care produsele vegetale tratate pot fi consumate, adică timpul necesar pentru descompunerea pesticidului sau ajungerea lui la toleranță acceptabilă. Intervalul de pauză variază între 0—30 zile.

Protecția muncii pentru personalul specializat, instruit și autorizat să efectueze păstrarea pesticidelor, prepararea, transportul, aplicarea lor precum și denocivizarea aparaturii este reglementat prin norme republicane, ordine, instrucțiuni și legi.

Prevenirea intoxicațiilor cu pesticide și evitarea fenomenului de poluare a mediului ambiant obligă la respectarea anumitor măsuri în timpul folosirii și manipulării acestora.

Pesticidele se păstrează în magazii sau depozite destinate numai acestui scop. În depozit nu sînt permise variații mari de temperatură și umiditate, în scopul evitării degradării produsului activ. Depozitul se amplasează la cel puțin 50 m de locuințe și surse de apă. În acesta pesticidele se grupează pe categorii, evitîndu-se amestecul erbicidelor cu alte preparate. Substanțele inflamabile se păstrează într-o încăpere separată. O altă încăpere servește drept vestiar, în care este păstrat echipamentul de protecție pe care-l îmbracă și dezbracă muncitorii.

Pesticidele se păstrează în ambalajele originale, cu eticheta nedeteriorată. În depozit nu se păstrează alimente sau furaje, iar cîntarul din depozit nu este folosit și pentru magazia de alimente.

Pentru evitarea incendiilor, se interzice pătrunderea în depozite cu lămpi de petrol, lumînări sau încălzirea cu sobe.

Scoaterea pesticidelor lichide din ambalaje se face numai cu pompe amorsate mecanic sau manual, în nici un caz nu este permisă amorsarea cu gura.

După utilizarea pesticidului, ambalajul este returnat spre fabrică, spălat în prealabil cu soluție de sodă calcinată 3% sau cu detergenți. Alteori ambalajele din metal se turtesc și se trec la depozitul cu fiare vechi, iar cele de sticlă se sparg și se îngroapă în pămînt.

Eliberarea pesticidului din depozit se face numai pe bază de document scris, predarea făcîndu-se unor persoane instruite în privința toxicității lor.

Persoanele care lucrează cu pesticide trebuie să aibă avizul medicului în acest sens și să efectueze control medical periodic.

Pesticidele nu se dau pe mîna unor muncitori neinstruiți.

Responsabilul magaziei și cel ce efectuează tratamentele trebuie să cunoască perfect însușirile toxicologice ale fiecărui produs.

Femeilor gravide, copiilor, bolnavilor de ficat sau plămîni le este interzis accesul în depozit sau lucrul cu pesticidele.

Se interzice intrarea în săli de mese sau dormitoare cu echipament de protecție.

În timpul lucrului cu pesticide nu se fumează și nu se mănîncă.

Dacă se fac stropiri cu substanțe toxice, se anunță populația din apropiere și crescătorii de albine. Se evită stropirile pe timp de vînt (mai ales în cazul erbicidelor) deoarece este posibilă contaminarea altor lanuri învecinate, mai ales în cazul stropirilor cu aviația.

Încăperea ce servește drept vestiar trebuie să fie dotată cu lavoar, săpun, prosoape curate.

Pesticidele neconsumate în timpul zilei se închid seara în magazie.

Scanned with OKEN Scanner

În caz de intoxicații se recomandă scoaterea pacientului din mediul toxic, spălarea organelor ce au venit în contact cu pesticidul prin folosirea unei soluții de bicarbonat de Na 10%, îndepărtarea echipamentului de protecție, provocarea vomei în cazul cînd bolnavul a înghițit produse contaminate cu pesticid, respirația artificială în caz de nevoie, spitalizarea. Intervențiile sanitare variază în funcție de produsul ingerat.

Se acordă o mare atenție preparatelor avînd însușirea de a se acumula lent în organismul uman, eliminarea lor făcîndu-se în timp îndelungat. Muncitorii ce lucrează cu asemenea preparate pot să acumuleze în sînge cantități pretoxice, de aceea accesul lor la asemenea lucrări se întrerupe pentru un timp.

Pesticidele trebuie folosite rațional pentru evitarea fenomenului de poluare, care poate avea implicații dezastuoase întrucît produsele cu persistență ridicată se transmit de-a lungul lanțurilor trofice pînă la om.

9.1. FUNGICIDE

Fungicidele (produsele anticriptogamice) sînt pesticide utilizate în prevenirea și combaterea bolilor cauzate plantelor de către ciuperci (de la lat. *fungus* = ciupercă). Ele acționează prin contact sau sistemic și majoritatea sînt condiționate ca pulberi umectabile (*PU*). Se aplică prin stropiri în timpul vegetației, tratarea semințelor, tratarea solului etc. Clasificarea fungicidelor este dată în tabelul 9.5, iar formulele chimice sînt prezentate în figura 9.1.

9.1.1. FUNGICIDE ANORGANICE

Sulfatul de cupru — $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (piatră vînătă) este un produs cristalin, albăstrui, solubil în apă (solubilitatea crește o dată cu temperatura). Soluțiile apoase au reacție acidă fiind fitotoxice la aplicarea pe vegetale; de asemenea, ele sînt corosive pentru metale (fer, zinc), fapt pentru care se prepară în vase de lemn sau emailate. Se utilizează la dezinfectarea solului și a lemnăriei în răsadnițe precum și la tratamente în livezi în timpul iernii (1%). Deși este slab toxic, la pătrunderea în organism a 1—2 g poate provoca intoxicații grave, chiar mortale.

Zeama bordeleză — $CuSO_4 \cdot 4Cu(OH)_2 \cdot 3Ca(OH)_2$ — este un sulfat bazic de cupru ce rezultă din neutralizarea unei soluții de sulfat de cupru cu hidroxid de calciu. Pentru a obține 100 l de concentrație 1% se utilizează 1 kg sulfat de cupru, care se dizolvă în 50 l apă; separat se pregătesc 0,5 kg var nestins (CaO) sau 1 kg var pastă care se diluează în 50 l apă. Se toarnă lent prima soluție în laptele de var amestecînd puternic. Se controlează reacția zemei și se mai adaugă lapte de var dacă aceasta este acidă, pînă devine neutră sau slab alcalină. Prepararea se face în bazine de beton deoarece soluția corodează metalele. Se aplică în ziua preparării. Poate provoca arsuri (necroze) pe organele tinere ale plantelor (legume) și suberificări pe fructe. Este un fungicid folosit la prevenirea manei (la vița de vie, cartof, tomate, ceapă, hamei), dar este și un puternic bactericid. Previne de asemenea rapănul și monilioza. În timpul vegetației se folosește în concentrație de 0,5—1%, iar la stropiri de iarnă la pomi în concentrații de 3—5%. Pentru sporirea muiabilității se adaugă Detersin 0,2—0,4% sau Degal 0,1%.

Oxiclorura de cupru — $3Cu(OH)_2 \cdot CuCl_2$ (Turdacupral *PU* 50%, Cupravit, Cobox, Turdavor 14 *SVR* 25% ș.a.). Substanța activă este de culoare verzuie, cristalină, insolubilă în apă, corosivă pentru fer. Previne atacul de mană, înlocuind zeama bordeleză la tratamente. Condiționată (*VR*) se poate aplica cu aviația

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9.5

Clasificarea fungicidelor

După modul de acțiune (stadiul de dezvoltare al patogenului)	După natura chimică (constituție)	După starea fizică	După toxicitate
— Preventive — de contact, acționînd cu deosebire împotriva organelor de infecție (spori, miceliu extern) — Curative: locosistemice; sistemice cu acțiune asupra agentului patogen care a inițiat atacul (a pătruns în planta gazdă)	— Fungicide — compuși: cuprului; sulfului — Anorganice — Organice — organo-metalice: compuși mercurului; compuși staniului — ditiocarbamați — benzimidazoli — derivați ftalmidici (dicarboximide) — derizați clorbenzenci și nitroderivați — diazine heterociclice și diverse — aldehide — antibiotice	— Solide: cristaline; pulberi: de prăfuit, umectabile — Lichide: soluții; concentrate emulsionabile	— Extrem de toxice — criptodin, actidiona — Moderat toxice-oxiclorura de cupru, formalina — Toxicitate moderată — zineb, maneb — Inofensive — sulf, benomil, captan

Scanned with OKEN Scanner

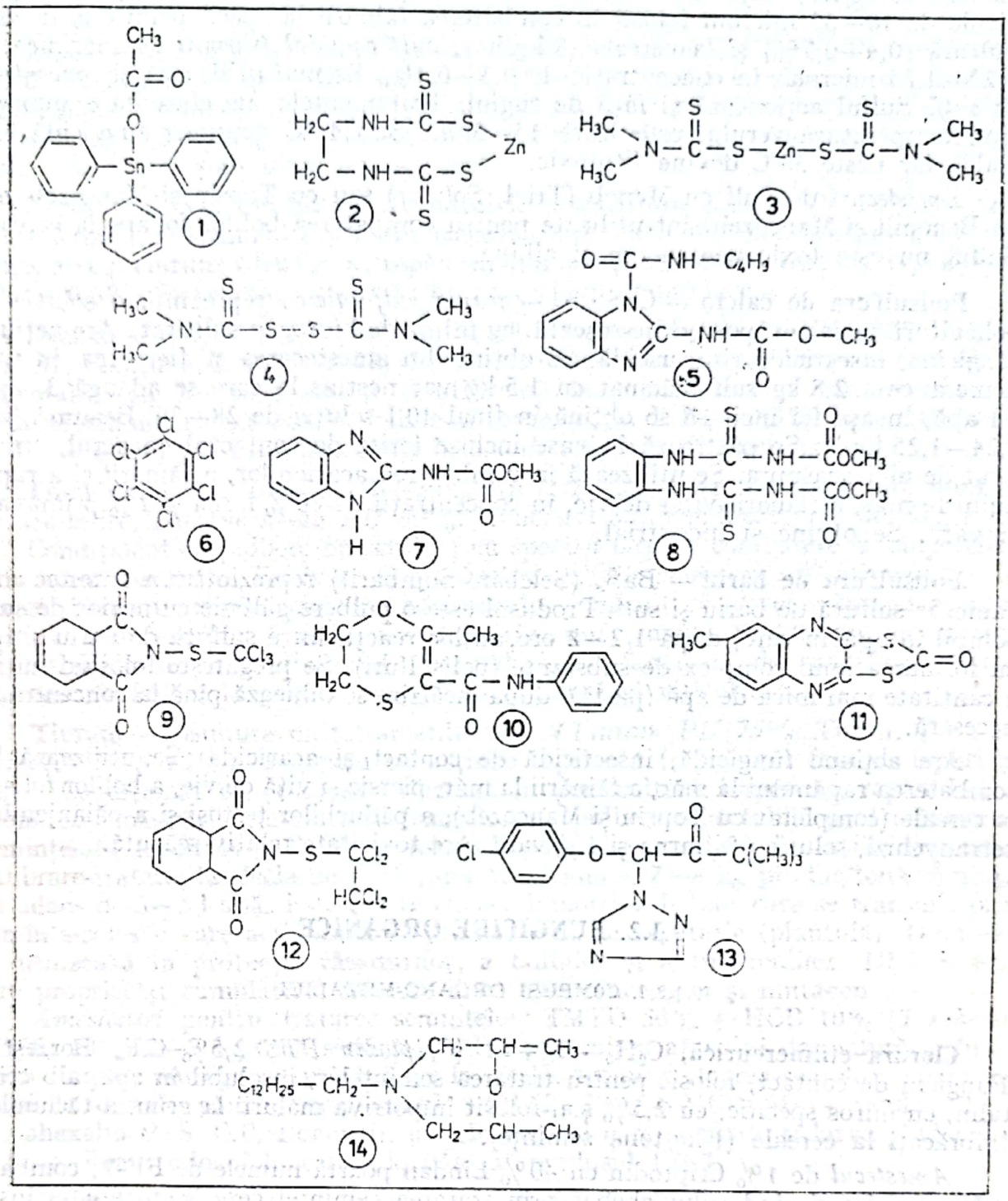


Fig. 9.1. Fungicide:
1 — Acetat de trifenilstaniu; *2* — Zineb; *3* — Ziram; *4* — Tiuram; *5* — Benomil; *6* — Hexaclorbenzen; *7* — Carbendazin; *8* — Metiltiofanat; *9* — Captan; *10* — Carboxina; *11* — Chinometionat; *12* — Captafol; *13* — Bayleton (Triadimefon); *14* — Tridemorf.

folosind duze speciale şi antievaporanţi (AI-4P, 0,13—0,25%). Pentru a-i spori spectrul de acţiune se poate amesteca cu Zineb (Cuprosan, Oxizinovor), Maneb ş.a. Are o toxicitate medie (DL_{50} = 470), iar timpul de pauză este de 20 zile.

Sulful este fungicid, insecticid şi acaricid. Se prezintă sub formă de cristale sau amorf; este insolubil în apă şi acizi, solubil în sulfură de carbon. Se utilizează în protecţia plantelor ca: *suf bulgări* care se arde în magazii, silozuri, sere, răsadniţe (30—100 g/m³) producînd dioxid de sulf cu rol dezinfectant; *sulful pulbere* utilizat în prăfuiri pentru prevenirea şi combaterea făinării la măr, vi ţa de vie ş.a, în doză

Scanned with OKEN Scanner

de 11—25 kg/ha; *sulful muiabil* sau *umectabil* (Thiovit, Kumulus S ș.a.) cu particule de 10—50 microni folosit în combaterea făinării la specii pomicole, în viticultură (0,4—0,7%) și la cereale (8 kg/ha); *sulf coloidal* (Cosan) cu mărimea de 0,25—1,25 microni, în concentrație de 0,3—0,4%. Se mai utilizează și *concentrate de sulf*. Sulful acționează și față de rugini. Tratamentele au eficacitate maximă cînd temperatura aerului este între 15—30°C. Sub 15°C acțiunea fungicidă este slabă, iar peste 30°C devine fitotoxic.

Amestecuri de Sulf cu Maneb (Trial, Solidor) sau cu Topsin și Mancozeb sau cu Benomil și Mancozeb sînt utilizate pentru combaterea bolilor foliare la cereale. Sulful nu este toxic pentru om și albine.

Polisulfura de calciu — $CaS \cdot S_x$ — *zeama sulfocalcică* reprezintă o soluție de polisulfuri de calciu, portocalie-roșcată, cu miros de hidrogen sulfurat. Are acțiune fungicidă, insecticidă și acaricidă. Se obține din amestecarea și fierberea în vase nemetalice a 2,8 kg sulf măcinat cu 1,5 kg var nestins la care se adaugă 3, apoi 7 l apă, în așa fel încît să se obțină în final 10 l soluție de 28—30° Beaumé (sau 1,24—1,25 kg/l). Se păstrează în vase închise ferite de contactul cu aerul, cu un strat de ulei deasupra. Se utilizează în combaterea acarienilor, a făinării și a rapănului la măr, a făinării viței de vie, în concentrații de 20% iarna și 2% primăvara și vara. Se obține și industrial.

Polisulfura de bariu — BaS_x (Selebar, Sumbarit) reprezintă un amestec mecanic de sulfură de bariu și sulf. Produsul este o pulbere gălbuie cu mirios de sulf, solubil în apă, în care, după 1/2—2 ore, au loc reacții între sulfura de bariu și apă cu formarea unui complex de substanțe (polisulfuri). Se pregătește folosind inițial o cantitate mai mică de apă (pastă), după încălzire se diluează pînă la concentrația necesară.

Are acțiune fungicidă, insecticidă de contact și acaricidă. Se utilizează la combaterea rapănului la măr, a făinării la măr, piersic și viță de vie, a bolilor foliare la cereale (completat cu Topsin și Mancozeb), a păduchilor țestoși și a păianjenilor tetranychizi, soluție 6% iarna și 1% vara. Are toxicitate relativ scăzută.

9.1.2. FUNGICIDE ORGANICE

9.1.2.1. COMPUȘI ORGANO-METALICI

Clorura etilmercurică, $C_2H_5—Hg—Cl$ (*Criptodin PTS* 2,5% C.P. Borzești). Fungicid de contact, folosit pentru tratarea semințelor, insolubil în apă, alb cristalin, cu miros specific, cu 2,5% ș.a. folosit împotriva mălurii la grîiu, a tăciunilor îmbrăcați la cereale (1 kg/tona semințe).

Amestecul de 1% Criptodin cu 40% Lindan poartă numele de FB-7; combate mălura și larva gîndacului ghebos prin tratarea seminței cerealelor care se însămînțează.

Produs foarte toxic ($DL_{50} = 18—30$) poate fi absorbit prin piele și să se acumuleze. Se iau măsuri severe de protecție în timpul lucrului: echipament de protecție, evitarea consumului de alimente, a fumatului etc.

Acetat de trifenilstaniu (Fentin acetat, *Brestan*, *Liro-Stanol*, Tinestan, *PU* 20—60%). Are spectru larg de combatere fungică. Fitotoxic pentru vița de vie, specii pomicole, ornamentale și de sere. La cartof, sfeclă, orez, țelină este avizat în prevenirea și combaterea manei (0,6 kg/ha), a cercosporiozei (0,6—1,8 kg/ha), a algelor (6—12 kg/ha), septoriozei la țelină (0,25—0,3%) și a melcilor de lac după evacuarea apei. Toxicitate medie ($DL_{50} = 125$).

Scanned with OKEN Scanner

Zineb — N, N-etilen-bis-ditiacarbamatul de zinc (*ZinebPU* 80%, Perozin B-75, Microneb, Zindan, Aspor, Dithane Z 78). Combate mana la vița de vie, cartof, tutun, hamei, tomate, ceapă ș.a., precum și rapănul, ciuruirea frunzelor, în concentrație de 0,3—0,5%. Se folosesc *amestecuri* de zineb cu oxiclorură de cupru, maneb ș.a. Este slab toxic.

Ziram — N, N-dimetilditiocarbamatul de zinc (*Ziram, Ziradin PU 75%*, Selezir PB, Micronyl, Fuklasin ultra). Este eficace în combaterea unor boli la specii pomicole (băşicarea și ciuruirea frunzelor, rapăn, monilioza) și a manei la cartof și vița de vie, soluție 0,3%. Se interzice prezența lui ca reziduu în produse.

Maneb — etilen-bis-ditiocarbamatul de mangan (Maneb *PU* 75—80%, *Polyram M*, Plantifog, Dithane M-22). Produsele comerciale sînt condiționate ca pulberi umectabile cu 75—80% ș.a. și se utilizează în pomicultură și legumicultură la combaterea manelor, pătărilor foliare în concentrație de 0,2—0,3%. Este slab toxic (DL_{50} = 6 750). Se utilizează mult în *amestecuri* cu sulf, zineb ș.a.

Complex zineb-maneb cu 16—20% Mn și 2—2,5% Zn, cunoscut sub numele de *Mancozeb, Dithane M-45 PU 80%*, Manconyl 80, Vondozeb, MZ 80, Zimaneb ș.a. Condiționat ca pulbere umectabilă cu spectru larg de combatere a ciupercilor și a unor bacterii *(Erwinia, Corynebacterium, Streptomyces, Xanthomonas)* la cartof și tomate, rapăn; ciuruire, băşicare în pomicultură, diverse boli în legumicultură, soluție 0,2%. Este eficace împotriva unor rugini. Se folosesc amestecuri cu fungicide sistemice (benomil, carbendazin, tiofanat) și de suprafață pentru tratamente foliare la grîu și orz, în pomicultură și viticultură.

Tiuram — disulfura de tetrametiltiuram *(Tiuram PU 75%*, Tiram, *TMTD, Tiradin PUS 75%)*. Fungicid cu acțiune repelentă (repulsivă) față de iepuri și cerbi. Condiționat ca (*PU*) se utilizează în pomicultură împotriva rapănului, a moniliozei, băşicării și a ciuruirii frunzelor. Ca pulbere umectabilă pentru tratarea semințelor („mocirlire"). *PUS* este folosit la porumb-centralizat, la stațiile de uscare-calibrare-tratare, la sfecla de zahăr, mazăre, legume, 2—4 kg produs/tonă sămînță cu adaos de 3—5 l apă. Este foarte eficace împotriva bolilor care se transmit prin sămînță-sol sau care acționează în primele faze de vegetație (plantulă). De aceea se utilizează în protecția răsadurilor, a bulbilor și a tuberculilor. DL_{50} = 400. Are proprietăți cumulative, în doze mari este cancerigen și mutagen.

Amestecuri pentru tratarea semințelor: TMTD 50% + HCB 10% (*Tirahexa*, (*PUS*) 10%) 2—3 kg/tonă semințe pentru prevenirea atacului de mălură și fusăriozâ la grîu, putregai al plăntuțelor la sfeclă, tutun și floarea-soarelui; poate înlocui la cereale păioase criptodinul; TMTD 30% + HCB 6% + Lindan 24% (Tirahexalin PTS, C.P. Borzești), insectofungicid care combate și larva gîndacului ghebos. Poate înlocui la cerealele păioase produsul FB-7.

Policarbatin (*Polyram, Polyram-combi (PU)* 80%, *Basfungin*). Este o sare dublă de Zineb și etilen-bis-(tiocarbamoil)-disulfură, cu acțiune față de majoritatea bolilor (cu excepția făinărilor): mane, rapăn, rugini, pătări foliare, soluție 0,2—0,3%. Se prezintă sub forma unei pulberi gălbui, cu miros caracteristic, insolubilă în apă. Se procedează la amestecul metiramului cu oxiclorură de cupru pentru sporirea persistenței.

9.1.2.3. BENZIMIDAZOLI

Benomil-1-(N-butilcarbamoil)-2-(aminocarbometoxi) benzimidazol (*Benlate (PU)* 50%, *Fundazol*). Este un fungicid sistemic cu spectru larg de acțiune, necorosiv pentru metale. Nu combate mana. Aplicat *preventiv*, este absorbit prin frunze

şi prin rădăcini. *Curativ* are acţiune bună, combătînd ciuperci parazite şi după ce a avut loc infecţia (rapăn, făinare). Este şi acaricid. Nu pătează fructele şi nu influenţează negativ fermentarea mustului. Se previn şi se combat: rapănul, făinarea, moniliozele la pomii şi arbuştii fructiferi, făinarea şi putregaiul cenuşiu la viţa de vie, ofilirea cucurbitaceelor, ardeiului şi tomatelor, putregaiul cenuşiu şi sclerotian al florii-soarelui, făinarea gramineelor, cercosporioză ş.a., soluţii 0,05—0,1%. Benomilul mai este utilizat la combaterea bolilor foliare şi ale spicului la grîu şi orz. Este compatibil cu Nitraginul la bacterizarea seminţelor de leguminoase.. $DL_{50} > 10\,000$. Netoxic pentru albine, peşti, păsări. Interval de pauză 7—20 zile

Carbendazim-N-etil-2-benzimidazol-carbamat (*MBC*) (*Derosal*, *Bavistin* PU 50%). Este un fungicid sistemic cu proprietăţi asemănătoare cu ale benomilului, o pulbere gri foarte slab solubilă în apă. Este şi el compatibil cu biopreparatul Nitragin putînd fi utilizat la tratarea seminţelor de soia. Are aceleaşi utilizări ca şi precedentul. $DL_{50} > 15\,000$.

Metiltiofanat-1,2-di-(3-metoxicarbonil-2-tioureido)-benzen (*Topsin M-70 PU* 70%, Cercobin *M 70*). Funcigid sistemic cu spectru larg de acţiune. Substanţa activă este de culoare albă cristalină, slab solubilă în apă. Are aceleaşi utilizări ca şi benomilul. În plantă se transformă ca şi benomilul în carbendazim. Pentru tratamente foliare şi la spic (cereale) se amestecă cu polisulfura de bariu şi mancozebul sau cu sulf muiabil şi mancozeb. Netoxic (vezi BENOMIL).

9.1.2.4. AMINE ŞI AMIDE

Carboxina (2,3-dihidro-6-metil-5-fenilcarbamoil-1, 4-oxatiina) (Vitavax PU 75%) Funcigid sistemic de culoare albă, condiţionat ca pulbere umectabilă, dar utilizat (*PTS*), pentru combaterea ciupercilor din clasa *Basidiomycetes*, cu deosebire a tăciunelui zburător la grîu, orz, ovăz, a mălurii ş.a. Se cunosc amestecurile: *Vitavax* + + *TMTD* + *Lindan* (*PUS* 25%) care previn atacul de tăciune şi de *Zabrus*; *Vitavax 200* (Carboxină şi TMTD) activ pentru tăciuni, mălură, fuzarioză, helmintosporioză la cereale, căderea plăntuţelor şi putregaiul inimii la sfeclă precum şi *Quinolate V-4-X* (carboxină cu oxichinoleat de cupru). Produs netoxic cu $DL_{50} = 3820$.

Metaxanin (*Ridomil* PU 25%, *Apron PTS* 35%). Fungicid cu acţiune sistemică asupra ciupercilor din clasa *Phycomycetes*. Substanţa activă este de culoare albă, cristalină slab solubilă în apă. Se aplică la sol 0,5—1 g/m², sau la plantă pentru prevenirea atacului de mană la floarea-soarelui, prin tratarea seminţei (4 kg/tonă). Produsul este slab toxic.

Amestecurile de metalaxil de cupru, *Ridomil cupru* PU 45%; *Ridomil plus PU* 48% din metalaxilul şi oxiclorura de cupru; *Turdafung PU* 70%, precum şi cele cu ridomil şi mancozeb se folosesc la combaterea manei la viţa de vie, cartof, castraveţi etc.

9.1.2.5. DERIVAŢI FTALIMIDICI (DICARBOXIMIDE)

Captan-N-triclormetil-tio-tetrahidroftalimida (*Captan*, Merpan, *Orthocide Captadin PU* 50%—C.P. Borzeşti, Cafudan). Fungicid organic clorurat, de contact, cu spectru de acţiune larg. Produsul tehnic este de culoare galbenă sau cenuşie, cu miros caracteristic. Combate mana la viţa de vie, cartof etc.; monilioze, putregaiul cenuşiu al viţei, rapănul, băşicarea, ciuruirea frunzelor etc. Faţă de rapăn are o acţiune curativă (primele 36 ore), iar după grindină previne atacul de *Monilia* şi *Borytis* (cicatrizarea rănilor). Remanenţa pe organele tratate este de 10—20 zile.

Scanned with OKEN Scanner

Se mai utilizează la tratarea semințelor de legume și a fructelor supuse păstrării (suspensie 0,2%). Amestecul cu mancozeb, zineb mărește spectrul de acțiune. Este slab toxic.

Folpet-N-triclormetil-tio-ftalimida (*Faltan*, Orthofaltan, Folpet *PU* 50%). Fungicid organic clorurat cu acțiune de protecție. Produsul pur este o pulbere albă cristalină, insolubilă în apă. Se condiționează ca pulbere umectabilă cu 50—80% ș.a. Combate mana la legume (tomate, ceapă), boli ale speciilor pomicole (rapăn, ciuruire), iar la vița de vie previne mana, putregaiul cenușiu și făinarea, soluție 0,2—0,3%. Amestecuri cu spectru larg de acțiune: folpet + captafol (Mycodifol F), folpet + cupru, folpet + maneb, folpet + mancozeb, folpet + tiram.

Folpetul este slab toxic DL_{50} = 15 000. Poate însă provoca iritarea mucoaselor în timpul tratamentelor; în acest sens se vor purta ochelari de protecție și se vor proteja căile respiratorii. Intervalul de pauză este de 20 zile.

Captafol-N-(1,1,2,2-tetracloretiltio)-tetrahidroftalimida (Santar, *Captafol*, *Difolatan*, *Orthodifoltan*, *PU* 80%). Fungicid organic de sinteză cu o durată lungă de acțiune, mai activ comparativ cu captanul. Față de rapănul mărului are și o acțiune curativă. Condiționat ca *pastă PA* 1% se utilizează pentru calusarea rănilor cauzate de tăieri la pomi, iar ca *suspensie concentrată SC* 480 g/l, în pomicultură (rapăn, moniliază, băşicare); în viticultură (mană, putregai cenușiu); în legumicultură, soluție 0,2—0,3% singur sau în amestec cu faltanul. Amestecul captafol + etirimol este utilizat în combaterea bolilor foliare la cereale. DL_{50} = = 4 200—6 200. Persistența pe struguri poate frîna fermentarea mustului. Interval de pauză 30 zile.

Rovral, Iprodine *PU* 50%, RONILAN, Vinclozolin *PU* 50% și *SUMILEX* Procimidon *PU* 50% sînt fungicide noi cu acțiune asupra ciupercilor din genurile: *Botrytis* (viță de vie, căpșun, tomate, morcov, floarea-soarelui), *Monilia* și *Sclerotinia*, prin stropiri cu soluție 0,1%, tratarea semințelor 1—2 kg/tonă sămînță.

9.1.2.6. DERIVAȚI CLORBENZENICI ȘI NITRODERIVAȚI

Hexaclorbenzen (HCB, *Hexadin PTS* 20%). Fungicid organoclorurat cu acțiune specifică față de mălură. Substanța activă este cristalină, albă, insolubilă în apă. Se condiționează ca pulbere pentru tratat sămînța (*PTS*) cu 20% ș.a. Se utilizează în doză de 2 kg/tonă semințe pentru tratarea contra mălurii comune a grîului și la tratarea solului în zone cu mălură pitică (*Tilletia controversa*), în doză de 25—30 kg/ha. DL_{50}= 1 700—4 000, dar are proprietăți cumulative. La tratamente se vor folosi ochelari și se va proteja respirația.

Dinocap-$C_{18}H_{22}N_2O_6$-dinitro-octilfenilcrotonat (*Karathane PU* 25% și *CE* 48%). Substanța activă este un lichid brun, insolubil în apă. Se condiționează ca pulbere umectabilă și concentrat emulsionabil. Are acțiune preventivă și curativă față de făinări (măr, piersic, agriș, viță de vie, tomate, ardei, castraveți, soluție 0,1%). Are o acțiune secundară bună față de acarieni. Se folosește cu muianți. Durata de acțiune este de 10—12 zile. Nu se aplică timp de 30 zile după uleiuri și nici la temperaturi peste 35°C, cînd este fitotoxic. Intervalul de pauză este de 8—20 zile.

9.1.2.7. DIAZINE, HETEROCICLICE ȘI DIVERSE

Chinometionat-6-metil-2-oxo-1,3 ditiolo (4,5-(b)-chinoxalină (Oxitiochinox, *Morestan* PU 25%). Fungicid foarte activ în combaterea făinărilor în pomicultură și legumicultură (măr, piersic, agriș, ardei, castraveți, hamei), soluție 0,05%. Secundar are și acțiune acaricidă. DL_{50} = 2 500—3 000.

Scanned with OKEN Scanner

Tot fungicid sistemic este *Etirimolul* (Milgo E, Milstem CE 280 g/l) pentru prevenirea făinării la cereale în doză de 1 litru/ha. Se poate pregăti amestecul de benomil + etirimol, topsin + etirimol + mancozeb, care combate toate afecțiunile bazei tulpinii, ale frunzelor și spicelor.

Tridemorf-2,6 dimetil-4-tridecilmorfolina (*Calixin* CE 750 g/l). Are acțiune preventivă și curativă față de făinarea cerealelor. La grîu și orz se aplică două tratamente (înfrățire-burduf și înflorit) în doză de 0,6 l s.a./ha diluat în 400—600 l apă. Se mai folosește și amestecul Tridemorf 11% + Maneb 36% (4—5 kg/ha). Toxicitate scăzută.

Triadimefon-1-(4-clorfenoxi)3,3-dimetil-1-(1-H-1,2,4-triazol-1-il)2-butanona (*Bayleton PU* 5% și 25%). Fungicid sistematic de circulație floemică și xilemică activ în prevenirea și combaterea făinărilor și a ruginilor (boli foliare la grîu și orz, făinarea la măr și vița de vie), concentrație 0,05—0,1%. DL_{50} = 365—568.

Furmeciclox (*Campogran, Tilt, PUS* 40%), fungicid de protecție a orzului față de tăciunele zburător (2 kg produs comercial/t sămînță).

9.1.2.8. ALDEHIDE

Formaldehida, HCHO (aldehidă formică, formalină *CS* 37—40%, C. Ch. Victoria). Este un gaz cu miros pătrunzător, iritant, solubil în apă. Se livrează sub formă de soluție apoasă cu 37—40% s.a. Mai conține 7—12% alcool metilic (din a cărui oxidare se obține). Lichidul incolor polimerizează în timpul păstrării, trecînd în paraformaldehidă care se depune. Prin încălzire, diluare cu apă caldă sau adaos de Na_2CO_3 (50 ml soluție 5—10% la 100 l formalină), paraformaldehida trece din nou în formaldehidă. Produsul este fitotoxic pentru plantele verzi, în anumite condiții și pentru semințe. Utilizarea sa este limitată la dezinfecții în spații închise, sere si răsadnițe, soluție 1:40—1:50 din care se folosesc 0,25 l/m², la dezinfecția amestecului de pămînt pentru răsaduri — 1,5—2 l/m³ sau 0,5 l/m² sol. Tăciunele zburător al ovăzului poate fi combătut prin stropire și sudație a semințelor (1 litru formalină/t sămînță). Substanța este și puternic bactericidă. DL_{50} = 385—424.

9.1.2.9. ANTIBIOTICE

Sînt preparate de perspectivă în combaterea bacteriilor fitopatogene și a unor ciuperci parazite. Amintim dintre acestea **Blasticidina S,** *PU* 4% activă față de *VMT* la tomate și tutun, brussone la orez ș.a. în concentrație 0,004%; **Actidiona** (cicloheximida) *PU* 2,26%, fungicid și regulator de creștere — produse foarte toxice; **Griseofulvina** *PP* 5% pentru combaterea bolilor la legume (3—10 kg/ha), netoxic; **Kasugamicina** (Kasumin *PU* 2%) care combate brussone și boli la pomi fructiferi și legume (*Claudosporium, Septoria, Venturia*); **Piomicina** (*Piomy* PU 2%) pentru făinări, pătări; **Streptomicina** (**Agrymicin**) împreună cu **Oxitetraciclina** combate bacteriozele tutunului; **Trichotecina** extrasă din *Trichotecium roseum*, *PP* 1% și *PU* 10% folosită în combaterea făinărilor; **Validamicina** la tratarea tuberculilor de cartof, activă față de *Rhizoctonia solani* ș.a.

9.2. INSECTICIDE

Insecticidele sînt produse în general curative, care se aplică la apariția fazei dăunătoare a insectei (larvă, adult), la realizarea unei anumite densități numerice — (*PEDP*). Pot acționa prin ingestie, contact, respirație, unele avînd și acțiune combinată (ingestie și contact). Predomină concentratele emulsionabile, substanța

Scanned with OKEN Scanner

activă a multora dintre produse fiind insolubilă sau greu solubilă în apă, dar solubilă în diverşi solvenţi organici. Se mai condiţionează ca pulberi de prăfuit, pulberi umectabile, granule, lichid volatil, (*VUR*) ş.a. O succintă clasificare se face în tabelul 9.6, iar formulele chimice sînt prezentate în figura 9.2.

Tabelul 9.6

Clasificarea insecticidelor

După modul de acţiune împotriva insectelor	După natura chimică (constituţie)	După starea fizică	După toxicitate
— De ingestie — De contact — De respiraţie — Penetrante — Sistemice — Combinate	— Organice clorurate — Organofosforice — Carbamice — Piretroizi şi produşi de origine vegetală — Diverse	— *Solide*: pulberi de tratat sămînţa; pulberi de prăfuit; tablete, granule — *Lichide* (volatile, nevolatile): concentrat emulsionabil; concentrat solubil — *Gazoase* — sub presiune — *Momeli*	— Extrem de toxice: Heptaclor, Paration, Metilparation, Diclorvos, HCN; — Moderat toxice: HCH, Triclorfon, Decametrin; — Toxicitate redusă: Malation; inofensive — Permetrin

9.2.1. INSECTICIDE ORGANO-CLORURATE

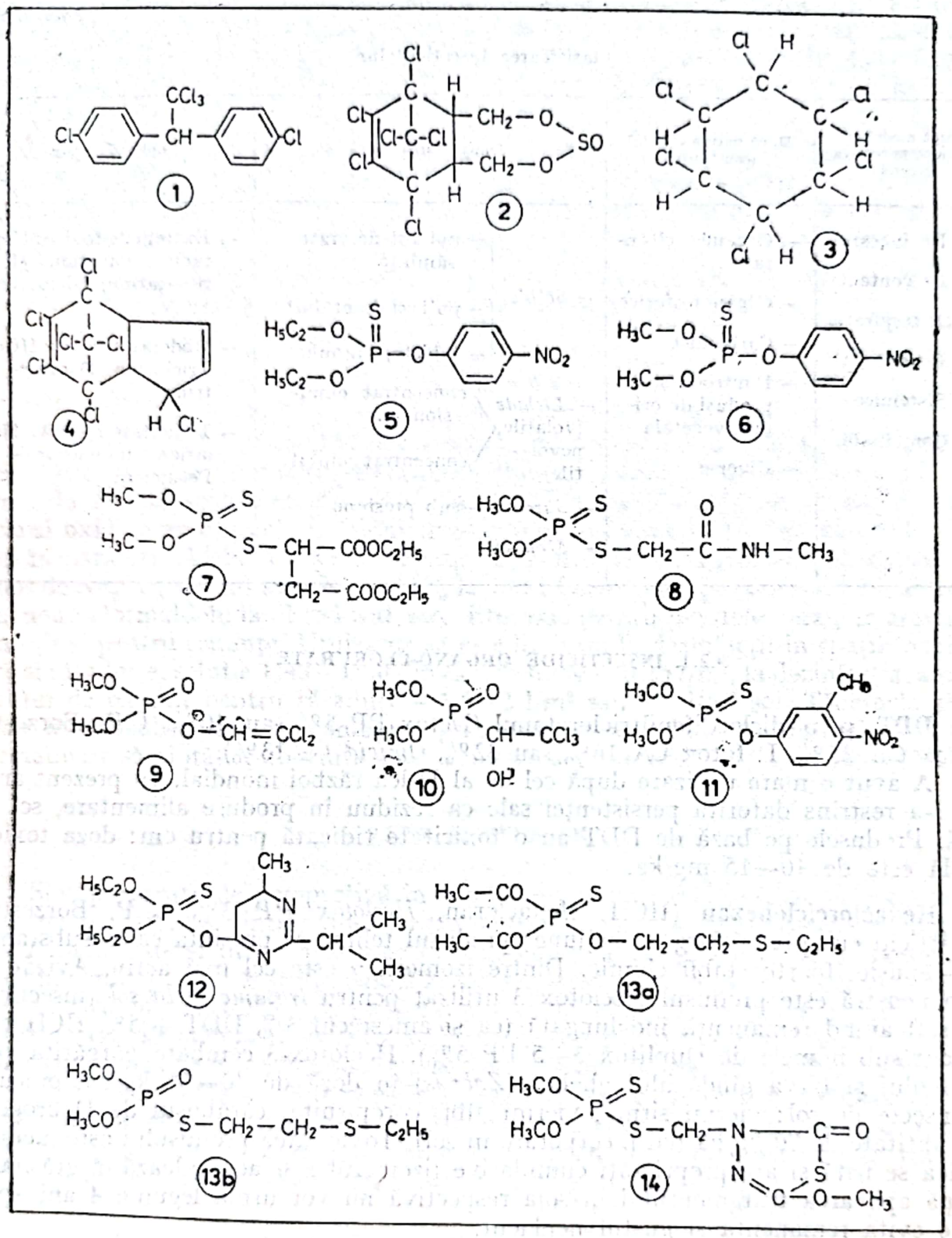
DDT, p, p'-diclordifeniltricloretanul (Detox PP 5% sau 10%, C.P. Borzeşti, *Detox CE* 25%, Defotox CA 16% sau 32%, *Omicid* Ca 13%).

A avut o mare utilizare după cel de al II-lea război mondial. În prezent aria lui s-a restrîns datorită persistenţei sale ca reziduu în produse alimentare, sol şi apă. Produsele pe bază de DDT au o toxicitate ridicată pentru cm: doza toxică orală este de 10—15 mg/kg.

Hexaclorciclohexan (HCH, Hexacloran, *Heclotox PP* 3%, C.P. Borzeşti). Insecticid cu spectru larg de acţiune; produsul tehnic se prezintă ca o substanţă alb-cenuşie, foarte stabil chimic. Dintre izomeri, γ este cel mai activ. Avizat în ţara noastră este produsul Heclotox 3 utilizat pentru *tratamente la sol* (insecticid de sol) avînd remanenţă îndelungată (ca şi amestecul 3% DDT + 5% HCH cunoscut sub numele de Duplitox 3+5 PP 5%). Heclotox-3 combate gărgăriţa porumbului şi larva gîndacului ghebos (*Zabrus*) în doză de 30—35 kg/ha, precum şi insecte de sol: viermi sîrmă, viermi albi, coropişniţa, cărăbuşul de Dobrogea, în cantitate de 70 kg/ha (cu încorporare în sol). Toxicitatea produsului este medie; pielea se irită şi are proprietăţi cumulative (izomerul α se acumulează în grăsimi). După aplicarea tratamentului în sola respectivă nu vor urma legume 4 ani spre a se evita remanenţa şi gustul neplăcut.

Lindan-γ-hexaclorciclohexan (*Lindatox PP* 3%, I. Ch. Dudeşti, C.P. Borzeşti, Lindatox *CE* 20%, Lindatox CE 40% şi Linvur *VUR* 30%, C.Ch. Rm. Vîlcea, Lindatox *PU* 50% şi 80%, C.P. Borzeşti). Lindanul este izomerul γ al HCH, purificat pînă la 99%. Faţă de HCH-ul tehnic lindanul este mult mai activ, nu imprimă gust neplăcut şi are remanenţă mai redusă.

Scanned with OKEN Scanner

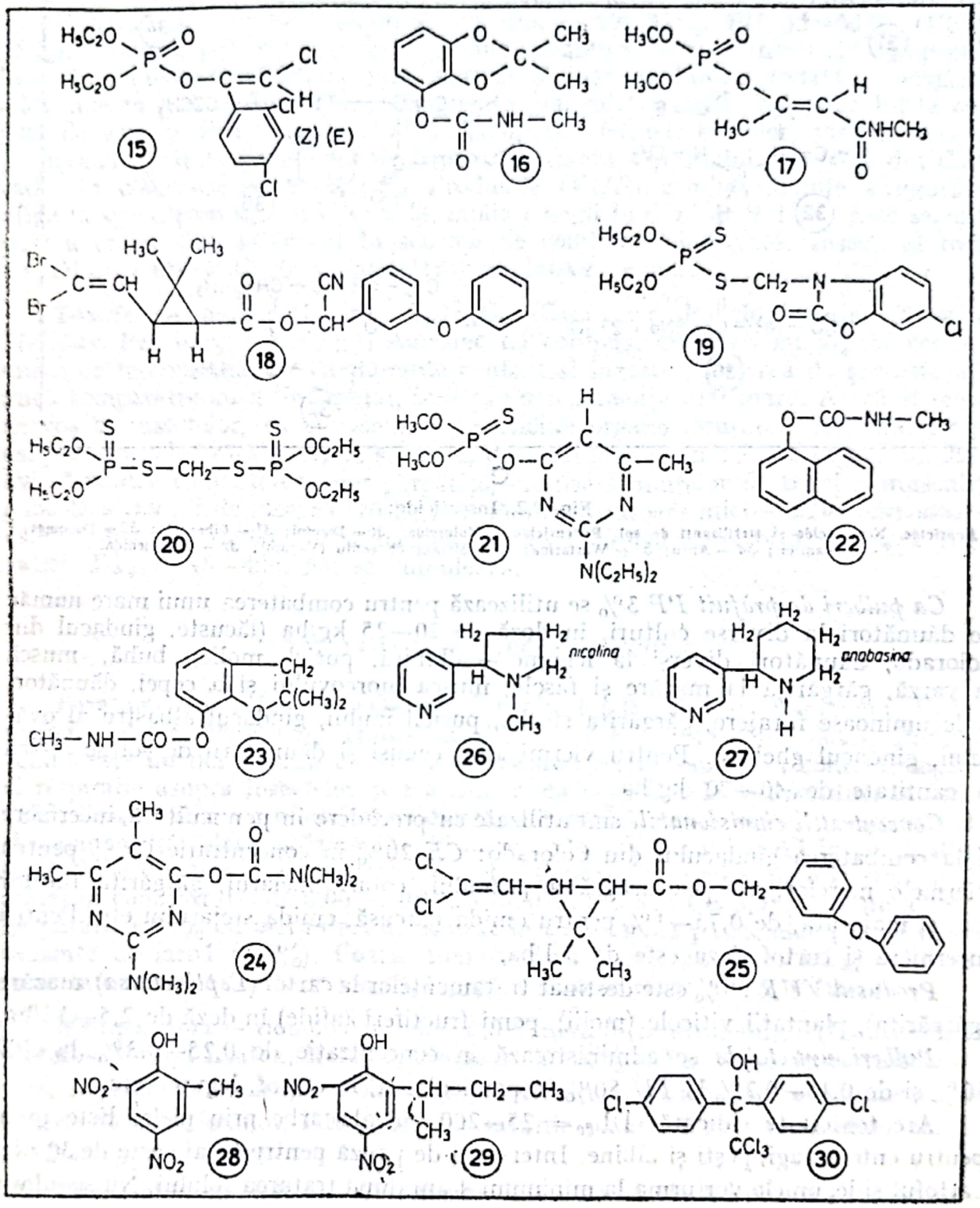


A

Fig. 9,2. Insecticide:

1 — DDT; *2* — Endosulfan; *3* — Hexaclorciclohehan; *4* — Heptaclor; *5* — Paration; *6* — Metilparation; *7* — Malation; *8* — Dimetoat; *9* — Diclorvos; *10* — Triclorfon; *11* — Fenitrotion; *12* — Diazinon; *13, a* — Demeton metil (Tionofosfat); *13, b* — Demetometil (Tiolofosfat); *14* — Metidation; *15* — Clorfenvinfos; *16* — Bendiocarb; *17* — Monocrotofos; *18* — Decametrin; *19* — Fosalon; *20* — Etion; *21* — Pirimifos-metil; *22* — Carbaril; *23* — Carbofuran; *24* — Pirimioarb; *25* — Permetrina; *26* — Nicotina; *27* — Anabasina; *28* — DNOC; *29* — Dinoseb; 30-DDT.

Scanned with OKEN Scanner



B

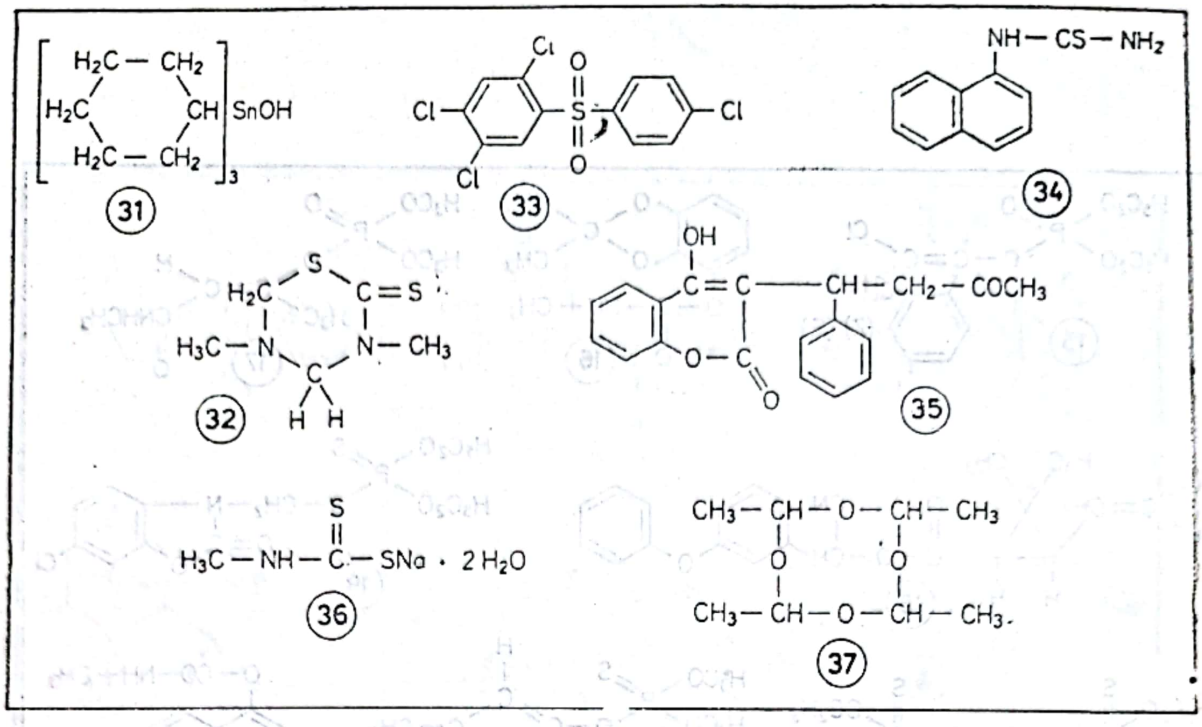


Fig. 9.2. Insecticide:
Acaricide, Nematocide şi sterilizanţi de sol, Rodenticide şi Moluscide: *30* — Dicofol; *31* — Cihexatin; *32* — Dazomet; *33* — Tetradifon; *34* — Antu; *35* — Warfarina; *36* — Metam de sodiu (Vapam); *37* — Metaldehida.

Ca pulberi de prăfuit PP 3% se utilizează pentru combaterea unui mare număr de dăunători la diverse culturi, în doză de 20—25 kg/ha (lăcuste, gîndacul din Colorado, dăunători diverşi la legume — albiniţă, purici, molie, buhă, muscă la varză, gărgăriţă la mazăre şi fasole, musca morcovului şi a cepei, dăunători la leguminoase furajere, gărgăriţa sfeclei, puricii inului, gîndacul albastru al ovăzului, gîndacul ghebos). Pentru viermi albi, cenuşi şi dăunătorii de sol se aplică în cantitate de 40—70 kg/ha.

Concentratele emulsionabile sînt utilizate cu precădere în pomicultură, lucerniere şi la combaterea gîndacului din Colorado: *CE* 20% în concentraţie 0,6% pentru viermele merelor, viespea neagră a prunului, cotari, inelarul, gărgăriţa florilor ş.a. şi majcrată, de 0,75—1% pentru omida părcasă, omida stejarului etc. Pentru lucerniere şi cartof doza este de 3 l/ha.

Produsul VUR 30% este destinat tratamentelor la cartof (*Leptinotarsa*), mazăre (gărgăriţa), plantaţii viticole (molii), pomi fructiferi (afide) în doză de 2,5—3 l/ha.

Pulberi umectabile se administrează în concentraţie de 0,25—0,3% la *PU* 50% şi de 0,15—0,2% la *PU* 80% în pomicultură, la cartof, legume etc.

Are toxicitate ridicată: $DL_{50} = 25—200$. Se absoarbe prin piele. Este toxic pentru entomofagi, peşti şi albine. Intervalul de pauză pentru furaje este de 30 zile. Cartoful şi legumele vor urma la minimum 4 ani după tratarea solului. Nu se admit reziduuri în alimentele de origine animală.

Heptaclor (*Heptaclor CE* 20%, *CE* 40%, cu 280—400 g/l, G 4%). Substanţa pură are aspect şi miros de camfor. Concentratul emulsionabil este folosit la tratarea seminţelor împotriva dăunătorilor din sol care atacă la răsărire sau în primele faze — plantulă — (răţişcară, gărgăriţe, viermi sîrmă) în doză de 1,25—5 l/tonă,

Scanned with OKEN Scanner

pentru protecţia porumbului, sfeclei de zahăr şi a florii-soarelui. Pentru unii hibrizi de porumb produsul este fitotoxic afectînd germinaţia seminţei. Se condiţionează şi granulat. Foarte toxic pentru om şi mamifere: $DL_{50} = 40$, acumulîndu-se în produse (furaje, lapte, unt).

Endosulfan (*Thiodan*, Thionex condiţionat *CE* 35%, *PU* 35—50%, (*VUR*) 25%). Produsul pur este o pulbere cafenie, cu miros de SO_2. Insecticid cu spectru larg de combatere acţionînd prin contact şi ingestie fiind totodată şi acaricid. Pătrunde în ţesuturile plantei. Remanenţa mai mică permite aplicarea lui la culturi de seră pentru musculiţa albă. Combate viermele merelor, viespea neagră şi viermele prunelor, păduchii de frunze, acarianul căpşunului, gîndacul din Colorado, în concentraţie de 0,15%. Produsele (*VUR*) combat moliile strugurilor, afide la specii pomicole şi la cereale, molia cînepii în doză de 2 l/ha. Este selectiv pentru entomofagi şi folosit în scheme de combatere integrată. Insecticid toxic cu $DL_{50} = 40—100$, cu proprietăţi cumulative reduse.

Toxafen — camfen clorurat, $C_{10}H_{10}C_8$, (Camfeclor, Policlor camfen *Toxafen*, *Melipax PP* 10%, *CE* 60%). Amestec de compuşi cloruraţi cu aspect ceros şi miros de terebentină. Are acţiune de contact şi ingestie; puterea de şoc este mai mică comparativ cu a lindanului, însă are o remanenţă mai mare. Atacă sistemul nervos al insectelor, ca şi celelalte insecticide organoclorurate. Acţionează bine asupra insectelor rozătoare, ca şi HCH, dar mai slab asupra celor sugătoare. Este avizat pentru combaterea unor gărgăriţe, viespea seminţelor de trifoi şi musculiţa galicolă a florilor de lucernă (20 kg/ha). Pentru rozătoare mici — *Mus musculus* — este eficace doza de 60—70 kg/ha sau 4—5 l *CE* în 600 l apă prin stropirea vegetaţiei. $DL_{50} = 45—400$. Nu se cumulează.

9.2.2. INSECTICIDE ORGANO-FOSFORICE

Paration-tionofosfat de O,O-dietil-O-p-nitrofenil), (*Ecatox*, Parathion, Etilparation, Selefos, Paraphos, Thifos, condiţionat *CE* cu 45—50% s.a.). Produsul tehnic este un lichid brun cu miros de usturoi. Acţionează prin contact, ingestie şi respiraţie asupra insectelor şi acarienilor, cu deosebire la temperaturi în jur de 18°C. Pesticidul are o eficacitate ridicată, acţionează rapid, avînd un spectru larg şi o remanenţă relativ scăzută (5—10 zile pe plante). Se utilizează în pomicultură (păduchele din San José, viermele merelor şi prunelor, omizi, moliile strugurilor, afide) în concentraţie de 0,06—0,08%. Produsul *Olparin* CE 3,5% este un amestec de paration 86% cu ulei mineral, utilizat în combaterea păduchilor ţestoşi în tratamente de iarnă (1,5%). Foarte toxic pentru om şi animale: $DL_{50} = 3,6—13$, toxicitate cutanee foarte mare, fapt pentru care se restrînge în utilizare.

Metilparation — tionofosfat de 0,0-dimetil-0-(p-nitrofenil), (Parationmetil, Metafos, Methyl Ecatox, Metafos, Wofatox *CE* 50% şi *PU* 10%). Insecticid de contact, ingestie şi respiraţie. Posedă şi proprietăţi acaricide. Are o acţiune de şoc superioară parationului. Pătrunde în ţesuturile plantei fără a fi sistemic, iar aici se descompune rapid.

Produsul tehnic este un lichid uleios, brun; cu bazele hidrolizează (nu se amestecă cu substanţe alcaline). Concentratul emulsionabil cu 50% s.a. se utilizează în pomicultură şi viticultură, în combaterea păduchelui din San José, a viermilor mărului, prunului, a omidei păroase, moliilor strugurilor şi dăunătorilor cerealelor (ploşniţe, afide) în concentraţie de 0,15% (0,8—1,5 l/ha). Toxicitatea ridicată: $DL_{50} = 15—35$. Se absoarbe puternic prin piele. Nu sînt permise reziduuri în alimente. Intervalul de pauză 10—20 zile. Foarte toxic pentru albine.

Scanned with OKEN Scanner

Malation—ditiofosfatul de 0,0-dimetil-S-(1,2 dicarbetoxietil), (Karbofos, Oleocarbetox, *Carbetox CE* 37%, Carbetovur (*VUR*) 50%). Compus al acidului ditiofosforic; produsul tehnic este un lichid brun cu miros puternic, dezagreabil, coroziv pentru fier, bun solvent pentru alte pesticide. Acționează prin contact, ingestie și respirație avînd acțiune acaricidă și ovicidă. Combate în special insecte rozătoare și sugătoare. Durata de acțiune (remanența) este scurtă, în medie 7 zile. Amestecul de ulei mineral și malation (12%) —*Oleocarbetox* este utilizat în tratamente de iarnă în concentrație de 2—2,5%. Este avizat pentru combaterea unui număr mare de dăunători la pomi, vița de vie (păduchi țestoși, viermi, muște, molii), în legumicultură și culturi de cîmp (acarieni, afide, tripși), soluții 0,4%. Produsul *VUR* se aplică la combaterea gîndacului din Colorado, a dăunătorilor la trifoliene, moliilor strugurilor, 2—4 l/ha. Toxicitate redusă: $DL_{50} = 1\,400$.

Dimetoat — ditiofosfat de 0,0-dimetil-S-(N-metilcarbamoil-metil), (Bi 58, Fosfamid, Rogor, Fosfotox, *Sinoratox CE* 35%, *Sinoratox G* 5%, Dimevur *VUR* 42%). Produs sistemic, insecticid și acaricid cu miros de camfor. Are spectru larg de acțiune. Este foarte activ la temperaturi peste 15°C. Combate păduchi cu țeastă, păduchi de frunze și acarieni, omizi defoliatoare, moliile strugurilor și ale piersicului, viermele merelor și prunelor, musca cireșului, afide, tripși la cereale, tutun, afide la sfeclă, gîndacul din Colorado, molia cînepii; gărgărița sfeclei ș.a. în concentrație de 0,15—0,2% și 1,5—2 l/ha. Formulările *VUR* se utilizează la dăunători din culturi de cîmp (păianjenul roșu al soiei, gîndacul din Colorado, ploșnițele și afide la grîu) în doză de 1—3 l/ha. Produsul granulat se folosește în combaterea gărgărițelor la sfecla industrială în doză de 30 kg/ha. Toxicitatea este medie.

Diclorvos — 0,0-dimetil-0-diclorvinilfosfat (DDVP, Nogos, Vapona, Kofumin, *CE* 50% sau *CE* cu 500—1 000 g/l). Compus cu proprietăți de contact, ingestie și de respirație. Este un lichid incolor cu miros slab, solubil în apă, volatil, care îi conferă calități de fumigant. Acționează rapid, putînd fi aplicat înainte de recoltare, mai ales în sere. Concentrația soluției este de 0,1%. Produsul este foarte toxic: $DL_{50} = 23—87$.

Triclorfon — fosfonat de 0,0-dimetil-2,2,2-triclorc-1-hidroxietil (Clorofos Danex, Neguvon, Dipterex, Onefon (*PS*) 80%, Pol-Foschlor, Wotexit). Insecticid de ingestie și contact cu proprietăți acaricide și de pătrundere în plantă fără a fi sistemic. Are spectru larg și acțiune rapidă (insectele din Ord. *Diptera*, *Lepidop-* și *Heteroptera*). Se utilizează în concentrații de 0,1-0,2% sau 1-1,2 kg/ha. Triclorfonul este un pesticid selectiv protejînd un număr mare de entomofagi. Toxicitate medie.

Fenitrotion — tionofosfat de 0,0-dimetil-0-(3-metil-4-nitrofenil) (Metation, Metil nitrofos, Sumithion (*CE*) 50% și (*VUR*) 98%. Insecticid de ingestie și contact, acaricid și slab ovicid. Pătrunde în țesuturile vegetale fără a fi sistemic. Este avizat pentru viermele merelor, a prunelor, viespea neagră, moliile strugurilor, omida părcasă, afide, molia cînepii în concentrații de 0,1%, iar produsul (*VUR*) pentru gîndacul din Colorado și molia cînepii (1,5—2 l/ha). Toxicitatea scăzută-medie.

Demeton metil (METIL MERCAPTOFOS) este un amestec de 0,0-di-metil-0-(2-etiltioetil)-tionofosfat și tiolofosfat (70:30), (*Metasystox CS* 50%). Pesticid sistemic cu efect mare de șoc, uleios, galben, solubil, în apă. Este avizat pentru combaterea păduchilor țestoși, afidelor, tripșilor, acarienilor în concentrații de 0,05—0,1%. Produs foarte toxic. Interval de pauză 45 zile.

Diazinon — tionofosfat de 0,0-dietil-0-(2-izopropil-4-metil-pirimidil-6), (Basudin, Diazol, Dizinil *CE* 60% și *G* 5%). Insecticid lichid, uleios, insolubil în apă. Acționează prin ingestie, contact și respirație, cu efect bun de șoc și acaricid. Toxic pentru albine, pești și păsări. Combate dăunători ai pomilor și legumelor în concentrații de 0,1—0,15%. Produsul granulat combate viermele-sîrmă (40 kg/ha).

Scanned with OKEN Scanner

Metidation-ditiofosfatul de 0,0-dimetil-S-(2-metoxi-4H-1,3,4-tiadiazol-5-on-4-il-metil), (Ultracid (*CE*) 40%). Produs insecticid şi acaricid foarte activ împotriva păduchilor ţestoşi. Este activ prin contact şi ingestie (2—3 săptămîni). Combate musculiţa albă de seră, ploşniţele cerealelor, gîndacul din Colorado, viermele merelor al şi prunelor în concentraţii de 0,05—1%. Pesticid foarte toxic.

Monocrotofos — fosfatul de 0,0-dimetil-0-(1-metil-2 metilamida acidului hidroxicrotonic) (Nuvacron, Azodrin, (*CE*) 400 g/l). Insecticid sistemic absorbit prin frunze şi radicular, cu acţiune de ingestie faţă de insectele sugătoare şi rozătoare şi de contact împotriva unor acarieni (gărgăriţa porumbului, a sfeclei, acarieni la culturi de cîmp, seră, pomi şi viţă de vie) în concentraţie de 0,1% (0,6—1,8 l/ha); faţă de şoarecii de cîmp din lucerniere, trifoi şi culturi de cîmp se comportă ca raticid (3,5—4 l/hə în 600 l apă). Produsul Azodrin este avizat pentru combaterea musculiţei albe de seră, a dăunătorilor la răsărire (gărgăriţele sfeclei, porumbului), a larvelor defoliatoare la varză şi a şoarecilor de cîmp. Produsul este foarte toxic. Interval de pauză 6 săptămîni.

Clorfenvinfos — fosfat de 0,0-dietil-0-2-clorvinil-1-(2,4-diclorfenil), (Sapecron, Poi-Enolofos, Birlane (*PU*) 25%, (*CE*) 240 g/l). Lichid brun conţinînd ambii izomeri. Insecticid de sol şi foliar cu acţiune de contact şi de ingestie. Acţiune bună faţă de diptere şi coleoptere, mai ales faţă de dăunătorii foliari (moliile strugurilor, afide, inelarul şi gîndacul din Colorado, în doză de 0,05—0,1). Produs foarte toxic: $DL_{50} = 10—39$.

Fosalon (BENZOFOSFAT) — ditiofosfat de 0,0-dietil-S(6-cloro-2-oxobenzoxazolin-3-il-metil) (Zolone (*CE*) 35%, (*VUR*) 30%). Insecticid cu spectru larg; pătrunde în plantă, deşi nu este sistemic. Acţionează asupra insectelor rozătoare, sugătoare şi a acarienilor (viermele merelor, prunelor, musca cireşelor, afide, moliile strugurilor, acarieni dăunători, musca şi buha verzei) în doză de 0,15—0,2%. Produsul este selectiv faţă de fauna utilă şi albine, toxic pentru peşti.

Pirimifos-metil — tiofosfat de 0,0-dimetil-0-2-dietil amino-6-metilpirimidin-4-il (Actellic *CE* 500 g/l şi (*VUR*) 500 g/l). Insecticid înrudit cu diazinonul, cu acţiune rapidă faţă de insecte şi acarieni, prin vapori şi contact. Are o uşoară acţiune sistemică. Se utilizează în pomicultură, legumicultură (sere) în concentraţii de 0,05—0,1%. Este folosit şi la dezinfecţii în silozuri, magazii înainte de depozitarea produselor (0,2 l/m²). Produsul *VUR* combate musculiţa albă de seră.

Etion (DIETION) — 0,0,0′,0′,-tetraetil-S-S′-metilen-bis-ditiofosfat (*DEF* 25, *Sintox* (*CE*) 25% şi 40%, *Sintovur* (*VUR*) 42,5%). Acaricid organofosforic cu acţiune insecticidă. Substanţa tehnică este un lichid de culoare brună, solubilă în apă. Acţionează mai ales prin contact şi este foarte eficace faţă de ouăle de acarieni şi afide. Se aplică împotriva unui mare număr de dăunători din pomicultură, viticultură, legumicultură (păianjenul roşu, brun, cărămiziu, viermele mărului, afide, păianjen comun, erinoză, acarioză), împotriva muştelor la morcov şi ceapă. Produsul (*VUR*) se aplică direct cu aparate speciale sau avion, cu duze pulverizatoare Pirna pentru combaterea acarianului soiei. *Oleosintoxul* cu 10% etion în ulei, în concentraţie de 0,5% combate ouăle de acarieni şi păduchi ţestoşi (tratamente de iarnă). Toxicitate redusă.

9.2.3. INSECTICIDE CARBAMICE

Carbaril — 1 naftil-N-metilcarbamat (Carbaril 50, Sevin, (*PU*) 50—80%, (*CE*) 480 g/l, *G* 5%). Insecticid cu spectru larg de acţiune (contact, ingestie şi sistemică foarte slabă). Combate şi specii care au dobîndit rezistenţă la insecticidele organoclorurate sau la paration. Durata de acţiune 7 zile. Este avizat pentru viermele merelor şi prunelor, viespi, molii (în pomicultură), gîndacul din Colorado şi molia la cînepă, în concentraţii de 0,15—0,2%. Toxicitate medie.

Scanned with OKEN Scanner

Pirimicarb (2 dimetilamino-5,6-dimetil-4-pirimidinil)-N,N-dimetilcarbamat (Pirimor, Fernos (*PU*) 50%). Insecticid sistemic de şoc, absorbit prin frunze şi rădăcini. Acţionează prin contact şi inhalaţie (vapori) asupra afidelor. Remanenţa pe frunze este redusă (24 ore). Este selectiv pentru prădători. Se aplică în concentraţii de 0,05%. Toxicitate medie.

Carbofuran-N-metil-carbamat de 2,3-dihidro-2,2-dimetil benzofuran-7-il (Furadan *G* 5%, *G* 10%, *SC* 350 g/l). Insecticid, acaricid, nematocid. Are acţiune asupra insectelor de sol (viermi sîrmă) şi care atacă la răsărire (gărgăriţe la sfeclă, porumb, purici la in). Se aplică granulat avînd o durată de acţiune în sol de 30—60 zile în doză de 20—30 kg/ha şi 1,0—1,5 l/800 kg bulbili de usturoi. În plantă se descompune după 5 zile. Produs foarte toxic.

Bendiocarb — N-metilcarbamat de 2,3-izopropiliden-dioxifenil (Seedox (*PTS*) 80%). Insecticid puternic cu fitotoxicitate scăzută pentru seminţe. Condiţionat (*PTS*), se umectează slab şi se tratează sămînţa de porumb şi sfeclă înainte de semănat pentru protecţie faţă de viermele sîrmă, gărgăriţă, răţişoară, în doză de 10—12 kg/tona de sămînţă.

9.2.4. PIRETROIZI ŞI PRODUŞI DE ORIGINE VEGETALĂ

Decametrin — S-α-ciano-m-fenoxibenzil-(1R, 3R)-3(2,2-dibromvinil)-2-2-dimetil ciclopropan carboxilat (Decis (*CE*) 25 g/l, Decis (*VUR*) 5 g/l). Spectru şi acţiune largă ce cuprinde majoritatea insectelor ce atacă frunzele, inclusiv pe cele rezistente la insecticidele organofosforice. Toxicitatea pentru insecte este purernică, Combate viermele merelor, al prunului, afide, musca cireşului, moliile strugurilor, noctuidele legumelor, musculiţa albă de seră, gîndacul din Colorado, în concentraţii mici 0,0125—0,05%. Produs cu toxicitate medie.

Permetrin — 3-fenoxibenzil (±) cis-trans-3-(2,2-diclor-vinil)-2,2-dimetilciclopropancarboxilat)Permasect, Coopex, Corsair, Ambush (*CE*) 25% sau 200 g/l, (*PU*) 25%, (*VUR*) 5%, (*CA*) 5 g/l). Insecticid piretroid nou, netoxic pentru om. Produsul este un amestec de izomeri, stabil la lumină. Acţionează prin contact şi ingestie asupra unui mare număr de dăunători (viermele merelor şi al prunelor, afide, moliile strugurilor, musculiţa albă de seră, ploşniţe, gîndacul din Colorado) în concentraţii de 0,015—0,02%. Condiţionat (*CA*) se foloseşte în seră sub formă de aerosoli la combaterea musculiţei albe, în doză de 3,5 l/ha. Produsele (*VUR*) combat ploşniţele cerealelor, gîndacul din Colorado şi dăunătorii leguminoaselor perene în doză de 1 l/ha. Insecticid practic netoxic pentru om.

Alte două piretroide noi sînt: CIPERMETRINUL ŞI FENOVALERATUL.

Cipermetrinul (Ripcord, *Cymbush* (*CE*) 10—25% sau 250 g/l şi (*VUR*) 2%) care acţionează prin contact şi ingestie asupra insectelor sugătoare, viermi (mere, prune), *Orgya*, afide, gîndacul din Colorado în concentraţii de 0,0125—0,02%. Toxicitate medie.

Fenovaleratul (Sumicidin (*CE*) 20%) cu acţiune de şoc şi persistenţă. Combate viermii mărului şi prunului, moliile strugurilor, musca cireşelor, musculiţa albă, dăunătorii la varză, gărgăriţa sfeclei, gîndacul din Colorado în concentraţii de 0,01-0,02%. Toxicitate medie.

Dintre insecticidele *extrase din plante*, utilizate mai puţin în prezent sînt: **Nicotina**, α-(β'-piridil)-N-metil-pirolidină, alcaloid principal extras din specii de Nicotiana ca sulfat de nicotină (lichid brun, solubil în apă); **Anabasina**, α(β'-pi-

Scanned with OKEN Scanner

ridil) piperidina — alcaloid extras din *Anabasis aphylla*, se utilizează ca şi nicotina sub formă de sulfat la combaterea afidelor. Toxicitate foarte ridicată; PIRETRUL (piretrina I, II), esteri ai acidului piretric, se extrag din *Chrisantheum cinerariaefolium* şi se condiţionează (*PP*) (*CE*); fumigant cu spectru larg — afide tripşi, cicade, lepidoptere. Are acţiune rapidă de şoc, necesară în sere (0,003—0,015%, 12 g s.a./100 litri soluţie sau 10 g s.a./100 m^3 fumigant). Slab toxic pentru om.

9.2.5. ALTE INSECTICIDE

Dinoseb (DNBF)-2-sec-butil-4,6-dinitrofenol (*Dibutox* (*CE*) 25% şi Oleodibutox Oleo-DNBF (CE)5%). Insecticid de contact folosit în tratamente în timpul repausului vegetativ (iarna). Compusul pur este un lichid brun-portocaliu, slab solubil. Se aplică iarna ca stropiri *VN*, în concentraţii de 1% pentru combaterea păduchelui din San José şi a altor coccide, diaspidide şi lecanide. Este eficace faţă de stadiile de iernare ale unor insecte; are o acţiune slabă ovicidă. Se utilizează ca erbicid şi desicant în loturile semincere de cartof pentru a distruge vrejii (evitarea contaminării tuberculilor cu mană şi viroze) în doză de 20 l/ha, precum şi la distrugerea vetrelor de cuscută (1 litru soluţie 1,5—2%/m^2). Amestecul *Oleo-DNBF* (ulei mineral + *DNBF* 5%) se utilizează în livezi, iarna, în concentraţii de 2,5%. Toxicitate foarte ridicată.

Dnoc — 4,6-dinitro-orto-crezol (Kreosan Pa 50%). Substanţă solidă, cristalină, inodoră, colorează puternic obiectele în galben. Condiţionată sub formă de pastă concentrată, se aplică în procent de 0,75% împotriva aceloraşi dăunători ca şi *DNBF*.

Un alt produs — *Nitrosan* — are la bază sarea de amină a *DNOC*. Foarte periculoase în manipulare şi foarte toxice.

Fosfura de aluminiu (*AlP*) (Phostoxin, Detia GAS, Delicia pulvis, Delicia gastoxin, Gastoxin tablete a 3 g 56% sau *SV*). Insecticid anorganic cu substanţa activă sub formă de cristale gri sau gălbui, stabil în aer uscat; în aerul umed eliberează hidrogen fosforat H_3P — principiul activ — gaz foarte toxic cu miros de usturoi. Se utilizează la combaterea insectelor din depozitele de grîu, orez, porumb, prin introducerea cu ajutorul unor dispozitive speciale a 10 tablete (30 g) la tona de produs. După 3—5 zile fumigarea este terminată şi magazia sau silozul se aerisește. Ca raticid se foloseşte la combaterea rozătoarelor mari în doză de 3 tablete la 5 m galerie sau o galerie de popîndău sau hîrciog. Produs foarte toxic şi cumulativ cu pragul de toxicitate în aer de 0,3 ppm. Se aplică numai de către echipe specializate, instruite.

Acidul cianhidric, HCN, (Zyklon, Uragan, D, condiţionat (*GA*) (acid cianhidric stabilizat). Insecticid şi zoocid fumigant vechi, limitat ca utilizări astăzi la dezinsecţia spaţiilor închise (magazii, hambare, silozuri) şi a materialului săditor. Produsul pur este un gaz la temperaturi de peste 26,2°C, cu miros de migdale amare, foarte solubil în apă (nu se pot trata fructe, legume). Se livrează în butelii sub presiune. Doza de aplicare este de 30 g/m^3 siloz. Produs extrem de toxic şi exploziv.

Bromura de metil — CH_3Br (Bromometan, Monobromometan, Bromură de metil (*LV*) 99,5%). Fumigant destinat tratării cerealelor depozitate şi pentru tratarea solului în sere (acţiune nematocidă, insecticidă, fungicidă, erbicidă şi rodenticidă). Este un gaz incolor cu miros de cloroform, solubil în apă, toxic pentru plante. Se livrează ca lichid fumigant în butelii. În silozuri doza este de 30—40 g/m^3. Produs foarte toxic.

Scanned with OKEN Scanner

Sulfura de carbon — CS_2 — Podus tehnic lichid 99,6%. Insecticid fumigant, inflamabil și exploziv. Se adaugă CCl_4 pentru a micșora pericolul de explozie. În depozite combate dăunătorii semințelor de grîu, porumb, orez, gărgărița mazărei și fasolei în doză de 600—1 000 g/tonă. Toxic puternic.

9.3. REPELENȚI, DEREGLATORI, ATRACTANȚI, INSECTICIDE BIOLOGICE

Principalii repelenți — substanțe respingătoare cu miros greu (cervifuge, iepurifuge) pentru pomicultură — livezi tinere sînt: *SILVAROM* 2, (*SC*) 20% pe bază de polivinilacetat; *CERVACOL* (*PA*) 5%, polivinilacetat cu rășini naturale, iepurifug (repelent pentru vînat) în livezi tinere, utilizat în doză de 0,03 kg/tulpină; *DENDROCOL 17* (*PA*), pe bază de rășini naturale plus un compus organic cu cupru care se aplică în doză de 5—7 kg/1 000 pomi.

Se mai utilizează *Difenilguanidina*, *Endosulfanul* (*Thiodan CE*) pentru tratarea semințelor în doză de 0,65—1 kg/t ca repelent pentru ciori și Tiranul (Cunitex), repelent pentru vînat. Pentru gîndacul din Colorado, zeama bordeleză și Brestanul (vezi fungicide) sînt inhibitori de nutriție.

NAFTALINA — $C_{10}H_8$ — solzi albi, cu miros caracteristic — este un insectifug utilizat la combaterea moliilor acarienilor, a muștei verzi.

Atractanții sînt produse pe bază de hormoni sexuali ai insectelor (feromoni) care atrag masculii. Se folosesc în prognoza și avertizarea tratamentelor, indicînd prezența dăunătorului, sau în cantitate mai mare, pentru derută, masculii nemaigăsind femelele, populația scade mult: *Atrafun* (pentru *Grapholitha funebrana*), *Atramol* (pentru *G. molesta*), *Atrapom* (pentru *Laspeyresia pomonella*), *Feromon* pentru *Plusia gamma*. Capsule cu 0,2—1 mg produs. Substanțe netoxice.

Hormonii juvenoizi se folosesc pentru dereglări morfologice la insecte, întrerupîndu-le stadiul de dezvoltare.

Dintre **insecticidele biologice** mai importante amintim: *Bacillus thuringiensis* (Dipel, Bactospeine, Thuricide, Thuringin, *PU* cu 6 000—16 000 *UI* mg) bacil folosit la combateri în pomicultură, legumicultură, viticultură în concentrații de 0,1—0,25%. Produsele conțin spori și incluziuni cristaline de natură proteică toxice pentru lepidoptere (unele sușe și o exotoxină). Se produc și *insecticide virale* (suspensie de poliedre în glicerină) care prin ingerare cauzează moartea insectelor.

9.4. ACARICIDE

Sînt pesticide folosite la combaterea acarienilor (păianjenilor) dăunători ai culturilor agricole și horticole.

9.4.1. CARBINOLI

Dicofol (CLORETANUL) -1, 1 bis-p-clorfenil-1-hidroxi-2, 2, 2-tricloretanol (Kelthane, Mitigan, Mitox, Acarin, *CE* 18—25%). Acaricid, insecticid și ovicid penetrant (nesistemic). Combate majoritatea acarienilor în concentrații de 0,2%. Dispare de pe fructe doar după 50 zile. În plantațiile tratate nu se pășunează. Toxicitate medie. Are proprietăți cumulatorii.

Scanned with OKEN Scanner

9.4.2. SULFONE ŞI SULFONAŢI

Tetradifon-4 clorfenil-2, 4, 5-triclorfenil-sulfona (*Tedion*, *Pol*-Acaritox *CE* 8%). Acaricid specific foarte bun cu acţiune asupra larvelor şi ouălor (mai puţin asupra adulţilor în concentraţii de 0,15—0,20%). Remanenţă mare (15—30 zile). Selectivitate ridicată faţă de acarienii prădători; netoxic, necumulativ.

9.4.3. ORGANO-METALICE

Cihexatin — hidroxid de triciclohexilstaniu (*Plictran*, Oxatin, *PU* 25%, *SC* 600 g/l). Acţionează prin contact la formele mobile de acarieni (pomi, viţă de vie, legume în sere), în concentraţii de 0,05%.

9.4.4. ALTE ACARICIDE

Propargit, Omite, *PU* 30% şi *CE* 57%, lichid brun, viscos, insolubil în apă. Acaricid de contact cu acţiune reziduală medie (15 zile), slab toxic.

Dinocap, Karathane, vezi fungicide.

Binapacril — Acricid PU 48%, combate şi unele făinări.

9.5. NEMATOCIDE ŞI STERILIZANŢI DE SOL

Nematocidele sînt produse chimice utilizate în combaterea nematozilor unor specii cultivate, cu deosebire în spaţii protejate (sere), unde parazitează pe rădăcini formînd gale. De regulă au acţiuni multiple, combătînd şi alţi dăunători, paraziţi şi chiar buruieni.

Bromura de metil — produs prezentat la insecticide.

Di-trapex — diclorpropen + metiltioizocianat (+ cloropicrină), *LV* 64% nematocid şi sterilizant al solului din sere. Combate insecte, nematozi, seminţe de buruieni şi unii agenţi patogeni în doză de 500—700 l/ha, administrat nediluat, cu maşini speciale la 12—15 cm adîncime. Timpul de pauză este în funcţie de temperatură (7—20 zile). Toxicitate medie.

Dazomet — tetrahidro-3,5-dimetil-2-tio-1,3,5-tiadiazin (*Basamid*, Dazomet *G* 90 şi *PP* 90.) Nematocid cu acţiune insecticidă, fungicidă şi erbicidă pentru tratarea solului. Pulberea de prăfuit, în doză de 600 kg/ha se introduce în sol prin arătură, lucrări cu freza la 20 cm, cu 20 zile înainte de plantare (seră, cultură de ceapă, căpşun), iar cel granulat în doză de 500 kg/ha în seră sau 350 g/m^3 amestecuri nutritive. Timpul de pauză este în funcţie de temperatură (1—5 săptămîni). Fiind puternic fitotoxic este necesară proba cu seminţe de salată. Toxicitate medie. Interval de pauză înainte de semănat de 20 zile, înainte de recoltat 60 zile.

Metam de sodiu (VAPAM) — N-metilditiocarbamat de Na (Karbation, Vapam, Nematin, Onetion *LV* 36%). Fumigant de sol cu proprietăţi bactericide, fungicide, insecticide, nematocide şi erbicide. Condiţionat ca soluţie, se aplică în doză de 1 000—1 200 l/ha prin injectare, udarea solului, introducerea cu maşini speciale sau o dată cu apa de irigat, cu o lună înainte de plantare. Durata de acţiune 7—21 zile. Se poate folosi la usturoi, ceapă şi căpşun pentru combaterea nematozilor si la sterilizarea amestecurilor de pămînt. Toxicitate medie.

Scanned with OKEN Scanner

Oxamil — metil-N'N'-dimetil-N (metilcarbamoil) oxi-1-tio-oxamidat (Vydate (*CS*) 240 g/l şi *G* 10%). Pesticid de sol şi foliar, nematocid, insecticid şi acaricid. Nu este fitotoxic putînd fi aplicat în perioada de vegetaţie prin stropiri pe frunze, de unde este translocat prin floem la rădăcini unde distruge nematozii. Este activ faţă de msuculiţa albă de seră, gărgăriţa sfeclei. Se aplică soluţii 0,2%, iar produsul granulat în doză de 15—60 kg/ha. Produs foarte toxic.

9.6. RODENTICIDE ŞI MOLUSCOCIDE

Sînt pesticide utilizate în combaterea mamiferelor rozătoare din cîmp şi depozite, respectiv a moluştelor — helocide, limacide.

Antu — α-naftiltioureea (Antu, Antan *CM* 80%). Rodenticid cu acţiune faţă de şobolani. Este condiţionat sub formă de concentrat pentru momeli (o parte antan şi 3 părţi momeală). Acestea se aşază în apropierea galeriilor, în cutii, ferite de păsări şi animale domestice. Produs toxic pentru om.

Fosfura de zinc, Zn_3P_2 (Kilrat, Delicia, Bletox, (*CM*) 70—80%). Produs anorganic cu proprietăţi de rodenticid, sub formă de pulbere cenuşiu-închis, cu miros de usturoi, insolubilă în apă. Activă pentru şoareci, popîndăi, şobolani de apă şi coropişniţe. Se aplică momeli compuse din boabe de ovăz, grîu, floarea-soarelui cu 3% fosfură de zinc (0,3—0,4 kg/ha s.a.). Foarte toxic.

Warfarina (ZOOCUMARINA) — 4-hidroxi-3 (-3-oxo-1-fenil-butil)-cumarina (Cumafen, Delicia raton, Actosin P, (*CM*) 0,6—1%). Produs anticoagulant cu acţiune puternică rodenticidă faţă de şoareci şi şobolani. Acţionează producînd hemoragii spontane şi asfixiere. Se prăfuie galeriile sau se aplică momeli otrăvite (mălai, tărîţe) cu 1—5% produs comercial. Rodenticid foarte toxic.

Clorofacinona — clorfenil-fenilacetil-indan-dion (Redentin, Delicia chlorophacinon, condiţionat *CM* 0,25—0,5% sau *M* 5› mg/kg momeli). Rodenticid anticoagulant foarte eficace împotriva şobolanilor şi a oarecilor. Este mai activ comparativ cu Warfarina şi mai puţin toxic pentru om, ciine, păsări, porc comparativ cu alte anticoagulante. Se pregătesc momeli cu 0,25—0,05% s.a. sau se aplică ca atare (cele condiţionate *M*), 10—20 granule per animal. Toxice pentru om.

Camfeclor — Melipax *PP* 10%, utilizat pentru rozătoare mici de cîmp, 60—70 kg/ha; Melipax *CE* 60% prin stropirea vegetaţiei cu 4—5 l produs în 600 litri apă — vezi insecticide.

Monocrotofos — Nuvacron, Azodrin — vezi insecticide.

Fosfura de aluminiu — Foxtoxin, Detia GAS — vezi insecticide.

Metaldehida (Antilimace, Escartox G 5%). Moluscocid de ingestie condiţionat ca granule. Se aplică 3 g/m² direct pe sol, seara. Toxicitate medie.

9.7. ERBICIDE

Erbicidele sînt produse chimice utilizate în agricultură pentru combaterea buruienilor. Ele s-au extins mult în agricultura modernă.

Există mai multe criterii de clasificare a erbicidelor, care sînt date în tabelul 9.7. iar formulele lor chimice sînt prezentate în figura 9.3.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9.7

Clasificarea erbicidelor

Criteriul de clasificare	Clasificarea
Natura selectivității	a) fiziologică sau chimică; b) morfologică sau anatomică; c) doza moderată; d) mecanică (nu ajung în contact cu planta); e) neselective sau totale.
Natura chimică	a) ariloxiacizi; b) compuși fenolici și toluidine; c) carbamice; d) derivați de uree; e) derivați de triazine și de diazine; f) amide g) diverse.
Starea fizică	a) soluții; b) emulsii; c) pulberi muiabile; d) granule și microgranule; f) paste fluide; g) VUR.
Modul de acțiune	a) de contact; b) sistemice (se absorb prin frunze, frunze și rădăcini, hipocotil, coleoptil și radicele).
Epoca de aplicare	a) preemereent (înainte de răsărirea culturii și buruienilor); b) postemergente (întotdeauna după răsărirea buruienilor).
Modul cum blochează procesele metabolice	a) inhibă reacția Hill (perturbă fotosinteza); b) inhibă respirația; c) hormonale; d) inhibă germinația și creșterea radicelei.

9.7.1. ARILOXIACIZI

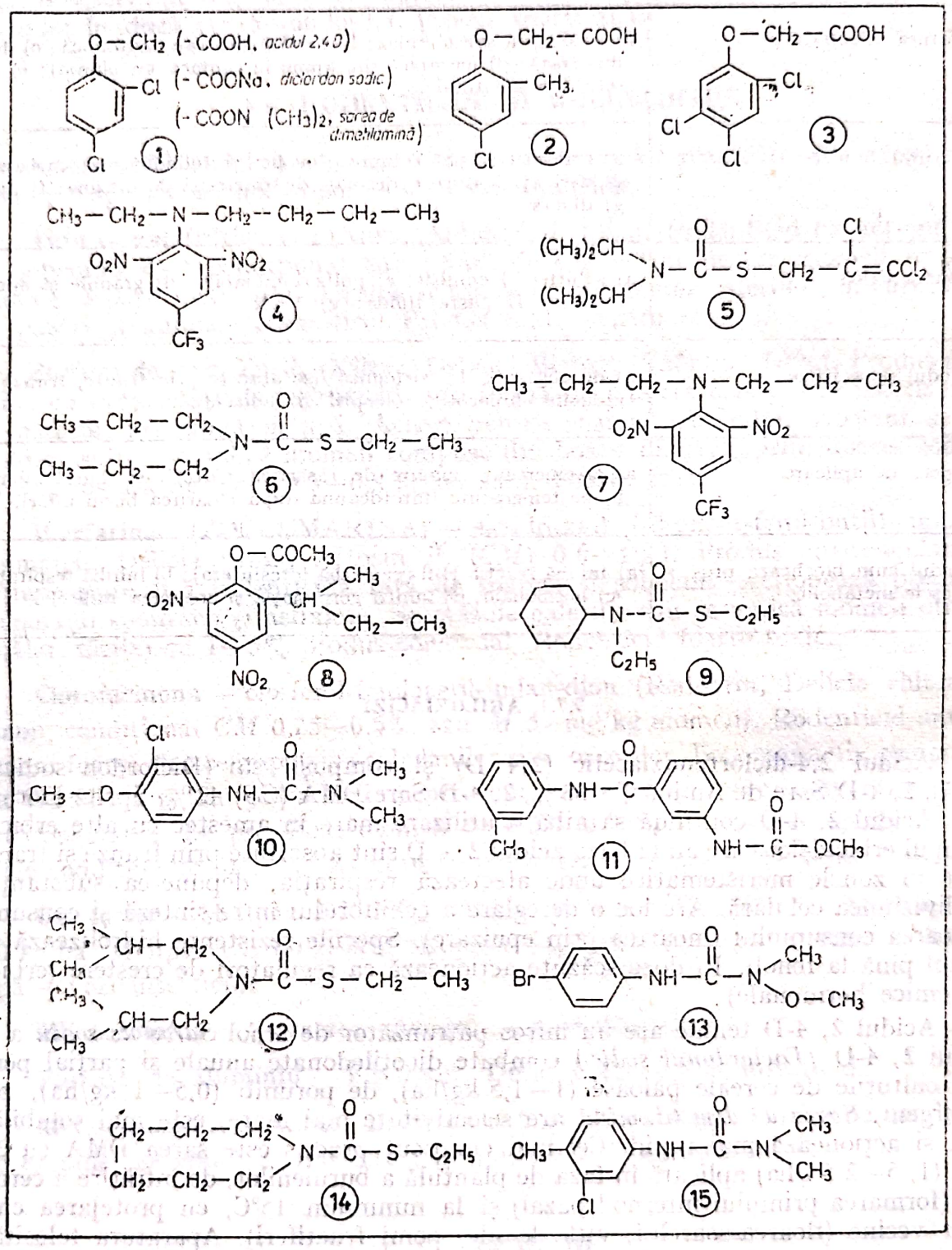
Acidul 2,4-diclorfenoxiacetic (2,4 D) și compușii săi (Diclordon sodic *SP* 80%, 2, 4-D Sare de Amină *CS* 33%, 2, 4-D Sare DMA (*CS*) 42%, Spritz Hormit).

Acidul 2, 4-D continuă să aibă o utilizare mare în amestec cu alte erbicide. Grupul erbicidelor care au la bază acidul 2, 4-D sînt absorbite prin frunze și translocate în zonele meristematice unde afectează respirația, depunerea substanțelor și diviziunea celulară. Are loc o dereglare a echilibrului între sinteză și consum în favoarea consumului (moartea prin epuizare). Speciile rezistente hidrolizează produsul pînă la fenoli. În doze scăzute acționează ca regulatori de creștere (erbicide sistemice hormonale).

Acidul 2, 4-D tehnic are un miros pătrunzător de fenol *Sarea de sodiu* a acidului 2, 4-D *(Diclordonul sodic)* combate dicotiledonate anuale și parțial perene din culturile de cereale păioase (1—1,5 kg/ha), de porumb (0,5—1 kg/ha), postemergent. *Sarea de dimetilamină* are selectivitate mai mare, este mai solubilă în apă și acționează mai rapid. Cel mai cunoscut produs este sarea DMA cu 33% s.a. (1, 5—2,5 l/ha) aplicată în faza de plantulă a buruienilor, de înfrățire a cerealelor (formarea primului internod bazal) și la minimum 15°C, cu protejarea culturilor vecine (floarea-soarelui, viță de vie, pomi fructiferi). Aparatura folosită se spală cu apă cu adaos de detergent și cărbune activ. Industria produce și o sare de trimetilamină TMA *LS* 33% cu aceleași întrebuințări. Sarea de amină este iritantă pentru piele și mucoase și este cumulativă.

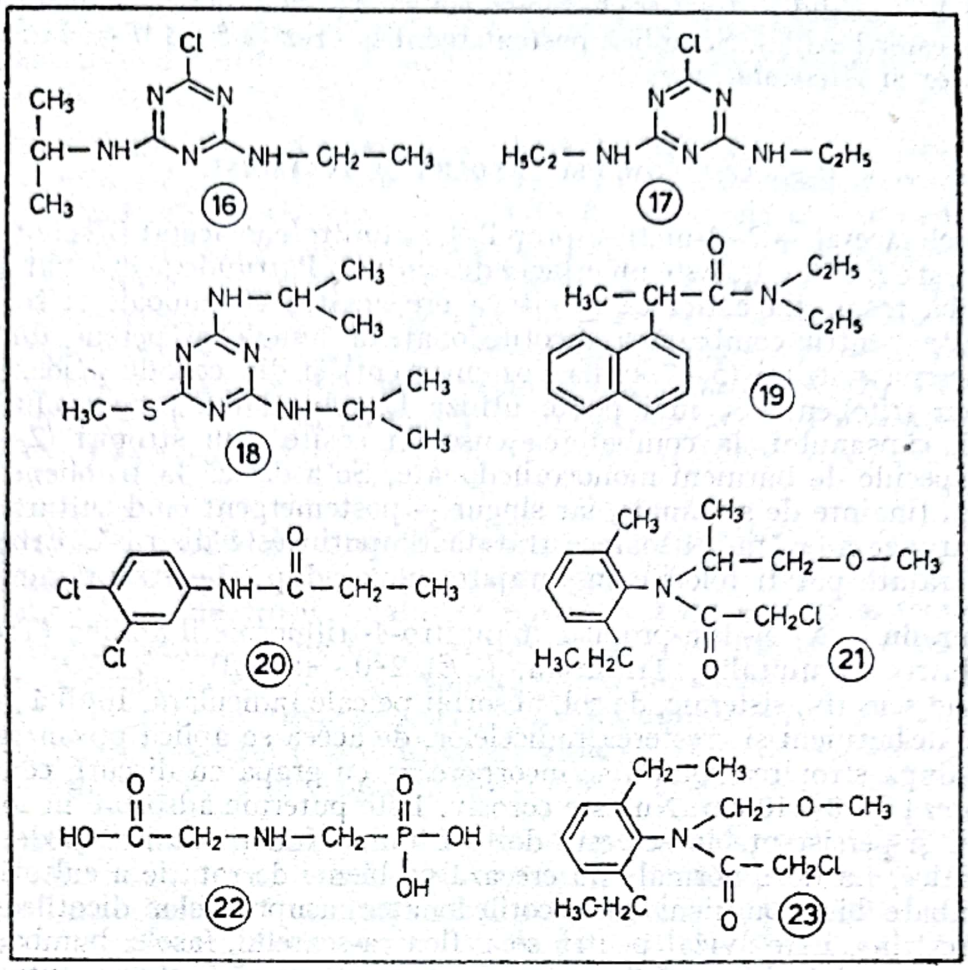
Amestecuri: a) **Icedin** *CS* 31,5 (28% acid 2,4-D + 3,5% Dicamba) și b) **Icedin forte** (*CS*) 280 g/l acid 2, 4-D + 50 g/l Dicamba) combat, la cereale, dicotiledonatele

Scanned with OKEN Scanner



A

Scanned with OKEN Scanner



B

Fig. 9.3. Erbicide:
1 — 2,4 D; *2* — MCPA; *3* — 2, 4, 5 — T; *4* — Benefin; *5* — Trialat; *6* — Eradicane; *7* — Trifluralin; *8* — Dinosebacetat; *9* — Cicloat; *10* — Metoxuron; *11* — Fenmedifam; *12* — Butilat; *13* — Metobromuron; *14* — Molinat; *15* — Clortoluron *16* — Atrazin; *17* — Simazin; *18* — Prometrin; *19* — Napropamida; *20* — Propanil; *21* — Metolaclor; *22* — Glifosat; *23* — Alaclor.

rezistente la 2,4-D şi produşii săi (spectru larg de combatere). Erbicidul este un lichid galben-brun cu miros caracteristic. Se administrează la cereale păioase şi porumb în doză de 1,5—2 l/ha *(I. forte)* şi 2,5—3 l/ha *(Icedin)*. Acţionează şi la temperaturi scăzute (6—10°C). Toxicitate medie. c) **Banvel K** (*CS*) (25% acid 2,4-D + 2% Dicamba) este un amestec selectiv pentru grîu care combate specii de buruieni dicotiledonate rezistente la 2,4-D. Se aplică postemergent în doză de 4—6 l/ha.

2M-4 Cl sau **MCPA** — acidul-2-metil-4-clorfenoxiacetic (Agroxone, Raphone, Dicotex *CS* 37—40% ca sare de amoniu). Mecanismul de acţiune este sistemic şi hormonal. Produsul tehnic are culoare galben-brună cu miros neplăcut. Sărurile de Na, K şi amine sînt solubile în apă. Combate buruienile dicotiledonate anuale şi perene din cultura de in (1—1,5 l/ha), mazăre de cîmp (2—2,5 l/ha) şi orez (0,8—1,5 l/ha în amestec cu Basagran pentru *Cyperaceae*), postemergent. Produs moderat toxic.

Amestecuri: a) **Banvel M** *CS* — *MCPA* 25% + Dicamba 2% avizat pentru erbicidarea grîului (vezi şi **Banvle K**); b) **Brominal flax** *CS*-120 g/l bromoxinil + 120 g/l *MCPA*, pentru combaterea dicotiledonatelor anuale şi perene rezistente la 2,4 D în cultura de in, aplicat postemergent (2 l/ha).

2,4,5-T — acidul 2,4,5-triclorfenoxiacetic (Triclordon, Phenopal (*CE*) 480 g/l ca ester butilic). Se aplică postemergent la orez (2,5—3 l/ha) în combaterea *Cyperaceelor* şi *Alismataceelor*.

9.7.2. COMPUŞI FENOLICI ŞI TOLUIDINE

Dinoseb acetat — 2-(1-metil-n-propil)-4, 6-dinitrofenolacetat (Phenoton, Aretit (*PU*) 40% şi *CE* 500 g/l). Este un erbicid de contact. Pătrunde nedisociat în ţesuturi unde inhibă respiraţia astfel că în cîteva ore acestea se înmoaie şi se brunifică. Se foloseşte pentru combaterea dicotiledonatelor anuale şi perene din culturile noi de lucernă şi trifoi (5—7 kg/ha postemergent) şi din cereale păioase subînsămînţate cu trifoliene. Se mai poate utiliza la erbicidarea porumbului, mazării, cartofului, căpşunului, la combaterea cuscutei cosite prin stropiri (2—3%). Nu combate speciile de buruieni monocotiledonate. Se asociază la trifoliene cu Balan sau Eptam (înainte de semănat), iar singur — postemergent cînd cultura protejată are 3—5 frunze adevărate deoarece tratată timpuriu este distrusă. Erbicid toxic. Plantele tratate pot fi folosite în furajare numai după 3—4 săptămîni.

Trifluralin — N, N-di-n-propil-2, 6-dinitro-4-trifluormetil-anilina (Treflan, Triflurex, Flutrix, Trifluralin, Triflurom, (*CE*) 240—480 g/l).

Erbicid selectiv, sistemic, de sol, absorbit pe cale radiculară. Inhibă germinarea seminţelor de buruieni şi creşterea radicelelor, de aceea se aplică preemergent. Este volatil şi după stropirea solului se încorporează cu grapa cu discuri, combinatorul sau motoreza la 8—10 cm. Nu este corosiv. Este puternic adsorbit în sol. Durata eficacităţii şi persistenţa în sol este de 4—6 luni, în funcţie de doză şi de condiţiile pedoclimatice. La doze normale nu creează probleme de rotaţie a culturilor. Erbicidul combate bine buruieni monocotiledonate; asupra celor dicotiledonate are un efect restrîns. Este avizat pentru soia, floarea-soarelui, fasole, bumbac, tomate, ardei, vinete, morcovi, ceapă (seminceri, arpagic), varză, usturoi, tutun în doză de 3—5 l/ha (*CE* 240). Este slab toxic. Stabilitate de depozitare optimă — 2 ani.

Benefin (BENFLURALIN) — N-butil-N-etil-2,6-dinitro-4-trifluoro-metil-anilina (Balan CE 180 g/l, Benefex, Benfluralin (*CE*) 27%). Erbicid de sol. Concentratele emulsionabile sînt inflamabile. Nu este compatibil cu alte pesticide, dar compatibil cu îngrăşămintele cu care se poate granula. Se păstrează stabil în depozite 2 ani. Acţionează ca şi Trifluralinul. Este volatil (încorporare la 8—10 cm în sol prin dublă trecere) şi adsorbit puternic (nu este levigat). În sol degradarea se face de către microorganisme în 4—5 luni. Combate bine monocotiledonatele, cîteva dicotiledonate şi nu combate cruciferele, solanaceele, malvaceele. Se aplică înainte de semănat sau plantat la trifoliene noi, tutun, castraveţi, pepeni, salată din răsad, vinete, în doză de 4—8 l/ha.

Isopropalin — 4 izopropil-2,6 -dinitro-N, N-dipropilanilină (Paarla (*CE*) 720 g/l). Erbicid sistemic de sol, netranslocat, neremanent, volatil, utilizat pentru combaterea buruienilor anuale din culturile de tomate semănate direct, răsad sau producere de răsad, castraveţi, ardei, tutun în doză de 1,2—1,5 l/ha. Slab toxic.

9.7.3. ERBICIDE CARBAMICE

Trialat — S-(2, 3, 3-tricloralil) N, N-diizopropiltiocarbamat (Avadex, Triallat, (*CE*) 400 g/l). Erbicid de sol, selectiv, sistemic, absorbit prin coleoptilele odosului (*Avena fatua, A. ludoviciana*). Necorosiv, neinflamabil, stabil la depozitare. În sol este adsorbit de coloizi. Are eficacitate şi persistenţă 6 săptămîni. Concentratele emulsionabile se aplică pe sol, se încorporează în decurs de o oră la 3—4 cm, iar

Scanned with OKEN Scanner

semințele de cereale se seamănă la o adîncime mai mare de 5 cm (selectivitate de poziție). Produsul granulat poate fi aplicat și după semănat, chiar după răsărit. Este avizat pentru cultura de grîu, in, orz, orzoaică în doză de 5—6 l/ha. Toxicitate redusă.

EPTC — S-etil-N, N dipropil tiocarbamat (Eptam, EPTC, *Eradicane* (*CE*) 720 g/l + antidot 6% 25 788, Alirox). Produsul este inflamabil, necorosiv și foarte volatil. Este un erbicid sistemic (activ față de semințele de buruieni în curs de germinare.) După răsărire buruienile nu mai sînt sensibile la acest erbicid. Combate specii monocotiledonate și unele dicotiledonate. Se aplică înainte de semănat și se încorporează imediat fiind volatil, la 8—10 cm. În sol este descompus de către microorganisme în cîteva luni. Este avizat pentru culturile de fasole, trifoliene, sfeclă roșie (4—6 l/ha în funcție de conținutul în humus al solului). Prin adăugarea antidotului se poate aplica la porumb (6—10 l/ha singur, 4—6 l/ha asociat), floarea soarelui (5—8 l/ha), ceapă din arpagic (2—3 l/ha). Slab toxic. Fitotoxic pentru soia.

Butilat — N, N-diizobutiltiocarbamat de etil (Butylate, Sutan, Sutan + antidot R 25788, Diizocab (*CE*) 70%). Formulat *CE* cu 700—720 g/l butilat este inflamabil, volatil, necorosiv, stabil la păstrare. Este erbicid sistemic de sol cu acțiune asupra semințelor de buruieni în curs de răsărire, monocotiledonate, mai puțin față de cele dicotiledonate. Aplicat pe sol umed este foarte volatil. Are remanență 2—3 săptămîni. Este selectiv pentru porumb (6—10 litri singur; 4—6 l/ha asociat) și floarea-soarelui (6—10 l/ha). Se aplică înainte de semănat și se încorporează; se asociază cu alte erbicide. Nu combate cruciferele. Slab toxic.

Cicloat — N-etil-N-ciclohexil-S-etil-tiolcarbamatul de etil (Ro-Neet, Olticarb *CE* 75%). Erbicid sistemic de sol, inhibă germinația semințelor de buruieni. Plantele de sfeclă îl metabolizează în cîteva zile. În sol este descompus de bacterii; persistență 4—8 săptămîni. Activ pentru sfecla industrială (6—8 l/ha), sfeclă roșie și spanac (4—6 l/ha). Se aplică înainte de semănat pe sol uscat și se încorporează cu combinatorul. Pe sol umed nu poate fi încorporat. Combate buruieni monocotiledonate, mai puțin pe cele dicotiledonate, fapt pentru care se dă asociat cu alte erbicide. Toxicitate scăzută.

Fenmedifam — N(3-metilfenil)-carbamatul de 3-metoxicarbonil-aminofenil (Betanal *CE* 16,4%). Erbicid de contact foarte selectiv față de sfeclă. Se absoarbe prin frunze (tratament postemergent). Inhibă reacția Hill. Activ față de buruienile dicotiledonate anuale (mai slab față de cele monocotiledonate). Se aplică în culturile de sfeclă și căpșun în doză de 6 l/ha după răsărirea buruienilor. Se asociază de obicei cu Dual 500 sau Devrinol (4 l/ha). Nu se aplică pe rouă. Netoxic.

Molinat — S-etil-N, N hexametilen-tiocarbamat (Ordram, Molinate *G* cu 5; 7,5 și 10%; *CE* 72,5% și 720 g/l). Este selectiv pentru orez, sistemic (de sol), absorbit prin rădăcini. În sol este degradat biologic în 3 săptămîni (nu creează dificultăți de rotație). Combate numai buruieni monocotiledonate. Concentratele emulsionabile se aplică preemergent în doză de 7—8 l/ha, și se încorporează în sol; parcela se inundă cu apă în cel mult 24 ore, fiind volatil. Formulările granulate (uneori și *CE*) se aplică postemergent, în apă, după răsărirea orezului, cînd mohorul are 7—12 cm înălțime, acoperindu-se plantele 2/3 cu apă. Toxicitate moderată.

9.7.4. DERIVAȚI DE UREE

Metobromuron — N-metil-N-metoxi-N-(4-bromfenil)-ureea (Patoran (*PU*) 50%). Derivat al ureei cu acțiune preemergentă selectivă, sistemic, absorbit prin rădăcini, adsorbit puternic în sol, acționînd asupra buruienilor dicotiledonate în curs de

Scanned with OKEN Scanner

răsărire, mai puțin față de cele monocotiledonate. Remanență în sol 3—5 luni. Se aplică pentru protecția culturilor de tomate transplantate, fasole și tutun în doză de 2—4 kg/ha, încorporat foarte superficial înainte de semănat, sau imediat după semănat la cartof și fasole. Toxicitate moderată.

Metoxuron — N-(3-clor-4-metoxifenil)-N,N-dimetilureea (Dosanex, Purivel (*PU*) 80%). Compus uronic, cu acțiune erbicidă, defoliantă și desicantă. Se degradează rapid în sol după aplicare. Se utilizează la culturi de grîu, orz și morcov fiind activ față de buruienile monocotiledonate. La grîu se aplică imediat după semănat sau cînd plantele au 3—4 frunze și pînă la sfîrșitul înfrățitului (buruienile în fază cotiledonată — pînă la 2—4 frunze), în doză de 3—4 kg/ha.

Ca defoliant pentru cînepă cînd plantele mascule sînt înflorite și *desicant* pentru in, cartof, lucernă, tomate, rapiță, soia etc. (Purivel *PU* 80%) se administrează în doză de 3—6 kg/ha.

Clortoluron — N-(3-clor-4-metilfenil)-N, N-dimetilureea (Dicuran (*PU*) 80%), erbicid asemănător cu precedentul ca mod de acțiune și administrare. Este selectiv și pentru mac (1—1,5 kg/ha). Practic netoxic.

Lenacil — 3-ciclohexil-5, 6-trimetiluracil (Venzar, Hexilur, Elbatan, *PU* 80%). Erbicid sistemic absorbit prin rădăcini. Inhibă fotosinteza la speciile sensibile. Este activ mai ales asupra dicotiledonatelor, dar combate și unele specii monocotiledonate. Este selectiv pentru sfeclă (1—2 kg/ha) și căpșun (3—3,5 kg/ha), se aplică și se încorporează în sol înainte de semănat în amestec cu erbicidele antigramineice.

9.7.5. DERIVAȚI DE TRIAZINE ȘI DIAZINE

Atrazin — 2-clor-4-etilamino-6-izopropil-aminotriaziana (Atrazin, Gesaprim, Pitezin *PU* 75%). Erbicid fabricat sub formă de pulberi umectabile 50—80% sau suspensie concentrată cu 500 g/l, compatibil cu alte pesticide și îngrășăminte, stabil la păstrare 2 ani. Erbicid sistemic; aplicat preemergent se absoarbe radicular, cu apa, sau postemergent (absorbție foliară). Selectiv fiziologic pentru porumb, sorg și iarbă de Sudan, specii care îl descompun rapid. La buruienile sensibile inhibă reacția Hill (fotosinteza). Sînt sensibile la atrazin: grîul, orzul, ovăzul, floarea-soarelui, rapița, soia, fasolea, sfecla, inul, legumele, tutunul. Combate peste 40 specii mono- și dicotiledonate anuale. Sînt rezistente la doze normale: *Cirsium, Sonchus, Agropyrum, Sorghum halepense*. Durata de acțiune este de 4—6 luni putînd fi aplicat încă din toamnă, dar obișnuit primăvara înainte de semănat, după semănat și chiar după răsăritul porumbului, deoarece acționează asupra buruienilor în curs de germinare și răsărire. Descompunerea produsului se face lent, astfel că în rotație poate deveni toxic pentru culturile sensibile. După atrazin aplicat pe toată suprafața pot urma mazărea și cartofii, iar după aplicarea în benzi, soia, floarea-soarelui și grîu. Se administrează în doză de 3—6 kg/ha (Pitezin) la porumb și sorg (6—10 l SC); în asociație cu erbicide antigramineice se reduce doza cu 50%. Produs slab toxic.

Simazin — 2-clor-4, 6-bis-(etilamino)-1, 3, 5-triazina (Gesatop, Simazin *PU* 50—80%). Are spectru de combatere asemănător cu atrazinul, selectiv pentru porumb și sorg, cu acțiune preemergentă (erbicid de sol). Nu are acțiune asupra semințelor în curs de germinare, ci asupra plantelor care l-au absorbit radicular. Este mai rar utilizat la culturi de cîmp și mai mult pentru plantații de măr, păr, viță de vie, coacăz, zmeur (6—10 kg/ha), căpșun (3 kg/ha) față de care are o *selectivitate de poziție* — fiind slab solubil rămîne în stratul superior al solului de unde îl absorb buruienile. Remanența în sol poate fi de 1 an, de aceea, după porumbul erbicidat nu pot urma specii sensibile. Produs foarte toxic.

Scanned with OKEN Scanner

Prometrin — 2, 4-(izopropilamino)-6-metiltio-1, 3, 5-triazina (Prometrin, Cosatrin, Gesagard (*PU*) 50%). Compus triazinic cu acţiune erbicidă selectivă preemergentă şi postemergentă, insolubil, neinflamabil, necorosiv, nevolatil, compatibil cu alte pesticide, stabil. Se absoarbe prin rădăcini şi frunze; inhibă fotosinteza. Este absorbit puternic în sol (levigare slabă) unde se descompune în 1—3 luni. Are un spectru larg de combatere fără a fi activ faţă de buruienile cu rădăcini adînci şi perene. Eficacitatea lui este în funcţie de tipul de sol şi ploile ce cad. În sol umed nu este necesară încorporarea acestuia. Selectivitatea este de poziţie. Este avizat preemergent pentru următoarele culturi: cartof (2—8 kg/ha), floarea-soarelui în benzi (1—2,5 kg/ha), mazăre, ceapă din arpagic (2—3 kg/ha), bumbac (6—8 kg/ha), preemergent/postemergent la morcov, postemergent la pătrunjel şi ţelină (2—4 kg/ha). Produs slab toxic.

Terbutrin (Igran, Terbutrex (*PU*) 50%). Erbicid stabil la păstrare compatibil cu diverse pesticide şi îngrăşăminte; selectiv, sistemic, absorbit prin rădăcini şi frunze cu remanenţă de 3—10 săptămîni; are spectru larg de combatere, similar cu prometrinul. Se recomandă la grîu (3—5 kg/ha) şi cartof (2—8 kg/ha), preemergent. Este slab toxic.

Metribuzin (Sencor (*PU* 70%). Erbicid solubil în apă, selectiv, sistemic, absorbit prin rădăcini şi frunze, unde inhibă fotosinteza. Combate un mare număr de buruieni mono- şi dicotiledonate; nu combate *Sorghum halepense* şi buruieni perene. Se aplică înainte de semănat sau imediat după însămînţare sau plantare. Este utilizat preemergent: la cartof 0,7—2 kg/ha, la soia 0,2—0,5 kg/ha, precum şi la tomate semănate direct (0,3 kg pre- + 0,4 kg postemergent) şi postemergent la ardeiul transplantat (0,3 kg/ha).

9.7.6. AMIDE

Alaclor — α-cloro-2, 6-dietil-N-(metoximetil)-acetanilidă (*Lasso CE* 480 g/l). Erbicid slab solubil în apă, inflamabil, stabil timp îndelungat. Este sistemic, selectiv pentru numeroase culturi, absorbit prin hipocotil, coleoptil şi radicele. Inhibă sinteza proteinelor. Persistă în sol 6—10 săptămîni. Combate buruieni monocotiledonate rezistente la trazine din culturile de porumb. Se aplică înainte sau imediat după semănat; după răsărirea buruienilor nu mai este eficace. Se încorporează superficial la 2—5 cm cu combinatorul; încorporarea profundă, cu discul, este contraindicată. Se recomandă la porumb p.p.i./preemergent 8—10 l/ha sau asociat (4—6 litri), la floarea-soarelui şi la soia asociat (4—6 litri) la cartof, fasole şi tomate transplantate (4—6 l/ha).

Napropamida — N, N-dietil-2-(1-naftil-oxi)-propionamida (Devrinol (*PU*) 50%). Erbicid slab solubil în apă, sistemic, preemergent. Este descompus în sol în 8—12 săptămîni. Se aplică înainte de semănat la 3—5 cm adîncime, deoarece este sensibil la lumină, fie imediat după semănat. Acţionează prin distrugerea buruienilor graminee şi dicotiledonate în momentul germinării seminţelor. Este avizat la noi pentru erbicidarea preemergentă (p.p.i.) pentru un mare număr de culturi: soia (4—8 kg/ha), tomate răsad, semănate direct şi în solar, ardei gras, vinete, varză, pepiniere cîmp I şi II, sîmburoase, zmeur, coacăz, căpşun, viţă de vie, plantaţii tinere şi şcoli de viţă, tutun răsad şi în cîmp (4—6 kg/ha).

Metolaclor — 2-etil-6-metil-N (1′ metoxi-2′-metil-etil) cloracetanilida (Dual *CE* cu 500—960 g/l). Erbicid uşor inflamabil, necorosiv, stabil la depozitare, nu cristalizează sub 0°C. Este selectiv, sistemic, absorbit prin hipocotil. Inhibă alungirea rădăcinilor şi sinteza proteinelor. Este puternic adsorbit în solurile argiloase cu multă materie organică. Persistenţă scurtă cîteva săptămîni sau luni. Este

Scanned with OKEN Scanner

activ față de numeroase buruieni graminee și mai restrîns asupra dicotiledonatelor. Inactiv față de *Sinapis arvensis*, *Solanum nigrum*, *Hibiscus trionum* și buruienile perene. Se aplică înainte de semănat (pe timp secetos se încorporează la 2—4 cm) sau imediat după semănat. Frecvent este asociat cu atrazinul. Avizat pentru porumb, singur (5—10 l/ha) sau asociat (3—6 litri), floarea-soarelui, soia (asociat), fasole, cartof (asociat), sfeclă (asociat), in, cînepă (asociat), tomate, ardei, ceapă, conopidă, răsad tomate, tutun (3—6 l/ha). Toxicitate medie.

Propanil — (3, 4 dicloranilida acidului propionic) (DCPA, Stam, Surcopur (*CE*) 36% și (*VR*) 36%). Erbicid de contact. Este selectiv și se aplică postemergent în cultura de orez, după răsărirea acestuia, cînd buruienile au 1—4 frunze. Acționează similar erbicidelor de contact. Ajuns pe sol este degradat rapid. Doza este de 18—24 l/ha la (*CE*) și 14—20 l la (*VUR*). Toxicitate medie.

9.7.7. ALTE ERBICIDE

Benzoilprop-etil Etil-N-benzoil-N (3, 4-diclorfenil)-2-aminopropionat (Suffix *CE* 200 g/l). Combate *odosul* și alte monocotiledonate din culturile de grîu, orz, orzoaică. Se aplică postemergent cînd odosul are 6—7 frunze (înfrățire-formarea primului nod la grîu) în doză de 5—7 l/ha).

Bentazon — 3-izopropil-2, 1-S-tiadiazino-(4), 2, 2-dioxid (Basagran CS 480 g/l). Soluție apoasă, neinflamabilă, necorosivă, rezistentă la ultraviolete. Erbicid de contact absorbit prin frunze și care inhibă reacția Hill. Combate buruieni dicotiledonate din culturile de grîu (2—4 l/ha), soia (1,5—6 l/ha), orez, fasole, lucernă anul I, in, mazăre pentru industrializare (2—4 l/ha), aplicat după răsăritul plantelor cultivate, cînd buruienile sînt în faza de rozetă (2—4 frunze). Toxicitate redusă.

Fluazifop-butil — butil-(trifluorometil-piridiloxi)-fenoxipropionat (Fusilade *CE* 250 g/l). Lichid vîscos, gălbui, inflamabil (44°C), cu stabilitate la depozitare de 3 luni. Este absorbit prin frunze și mai puțin prin rădăcini. Ajuns în rizomii și stolonii plantelor perene provoacă necrozarea lor. Erbicidul este selectiv pentru 60 specii cultivate dicotiledonate (selectivitate fiziologică), iar buruienile sensibile sînt monocotiledonate anuale și perene. Buruienile dicotiledonate sînt rezistente la acțiunea lui. Avizat spre a fi aplicat postemergent în faza de 2—3 frunzulițe, în doză de 2—3 l/ha la soia, floarea-soarelui, sfeclă de zahăr, in, ardei, tomate transplantate, ceapă din arpagic, morcov, plantații de pomi (semințoase și sîmburoase — 6 l/ha).

TCA — acidul tricloracetic și sărurile lui, tricloracetat de Na (Na-Ta, Sodium TCA *CS* 95% sau pulberi tehnice solubile cu 90% s.a.). Acidul corodează fierul, zincul și aluminiul. În funcție de doză poate fi selectiv și neselectiv. Este erbicid sistemic. Nu este absorbit în sol deci poate fi levigat. Persistă în sol 3—10 săptămîni. Se recomandă preemergent la cartof și sfeclă (10—15 kg/ha) unde combate buruieni monocotiledonate sau ca erbicid neselectiv, după recoltarea culturilor, în doză de 50—70 kg/ha pentru combaterea pirului, ierbii de Alep.

Glisofat — N-(fosfonometil)-glicina (Roundup *CS* 360 g/l). Erbicid solubil în apă, nevolatil. Este un erbicid selectiv, sistemic, absorbit prin frunze și translocat în toate organele plantei (rădăcini, stoloni, rizomi) pe care le desică și necrozează. Este erbicidul total cu cel mai larg spectru de combatere pentru buruieni mono- și dicotiledonate. În sol este absorbit puternic și biodegradat astfel că aplicat preemergent nu are nici eficacitate pentru combaterea buruienilor. Se folosește ca erbicid neselectiv, prin aplicare dirijată, fără a veni în contact cu lăstarii sau frunzele

Scanned with OKEN Scanner

Plantei cultivate; se aplică la viţa de vie, pomi pe rod (măr, păr, prun), porumb înainte de recoltare, 6—10 l/ha sau în mirişte, în intervalul dintre două culturi în legumicultură — 8—12 litri în 800 —1 000 litri apă/ha împotriva pirului, ierbii de Alep, în combaterea buruienilor de pe canalele de irigaţii, eleştee ş.a. Momentul aplicării se alege în funcţie de fazele de sensibilitate a buruienilor, înainte de înspicare; la speciile de arbuşti vara, în plină vegetaţie.

Paraquat — 1,1-dimetil-4-,4'-dipiridil-diclorură (Gramoxone *CS* 200 g/l). Erbicid neselectiv (total, cu acţiune de contact rapidă, postemergent), folosit la porumb (dirijat, pe sub frunze), cartof, livezi, vii (3—5 l/ha). Produs toxic.

Diquat — (dibromura de 1,1'-etilen-2,2'-dipiridiniu) (Reglone *CS* 200 g/l). Erbicid de contact neselectiv, utilizat ca desicant, postemergent la soia, cartof, floarea-soarelui, trifoliene (sămînţă), sfeclă (sămînţă), in (sămînţă), orez, mac, în doză de 2—6 l/ha. Ca erbicid total poate fi folosit „dirijat" în livezi şi vii, în combaterea buruienilor acvatice. Produsul este moderat toxic.

Teste recapitulative

9.1. Prezentaţi principalele fungicide organice şi anorganice folosite în ţara noastră, caracteristicile lor fizico-chimice şi modul de utilizare în protecţia plantelor.

9.2. Arătaţi ce insecticide, acaricide, nematocide şi rodenticide au o largă utilizare în agricultură, datorită efectului lor ridicat împotriva dăunătorilor şi remanenţei scăzute pe plante.

9.3. Prezentaţi principalele produse chimice cu caracter erbicid, caracteristicile lor fizico-chimice, concentraţiile soluţiilor ce se aplică şi culturile pentru care se recomandă folosirea lor.

10. REGULATORI DE CREŞTERE LA PLANTE

Regulatorii de creştere sînt compuşi organici care, în concentraţii mici, influenţează procesele fiziologice ale plantelor. Din punct de vedere practic, regulatorii de creştere pot fi definiţi ca substanţe de origine sintetică sau naturală care, aplicate pe plante, modifică procesele vitale şi structurale ale ţesuturilor, favorizînd sporuri de recoltă, îmbunătăţind calitatea acesteia, prin faptul că acţionează în unul din sensurile următoare: favorizează creşterea rădăcinilor şi a plantei; favorizează sau sfîrşeşte stadiul de „repaus" la seminţe, bulbi, tuberculi; stimulează sau întîrzie înflorirea; controlează dezvoltarea fructelor; măresc rezistenţa plantelor la boli sau la stresul unor factori de mediu (temperatură, apă, poluare); reglează compoziţia chimică a plantelor sau fructelor; influenţează absorbţia elementelor nutritive; lungesc sau scurtează perioada de vegetaţie.

Termenul „regulatori de creştere" include atît hormonii produşi de organismele vegetale cît şi substanţele cu însuşiri similare produse sintetic. Se deosebesc patru grupe de substanţe: auxine, gibereline, citochinine şi inhibitori. În continuare vom prezenta cîteva substanţe din fiecare grupă utilizabile în scopuri practice. De fapt şi unele erbicide pot fi considerate, din anumite puncte de vedere, regulatori de creştere. Formulele chimice sînt prezentate în figurile 10.1. şi 9.3.

Scanned with OKEN Scanner

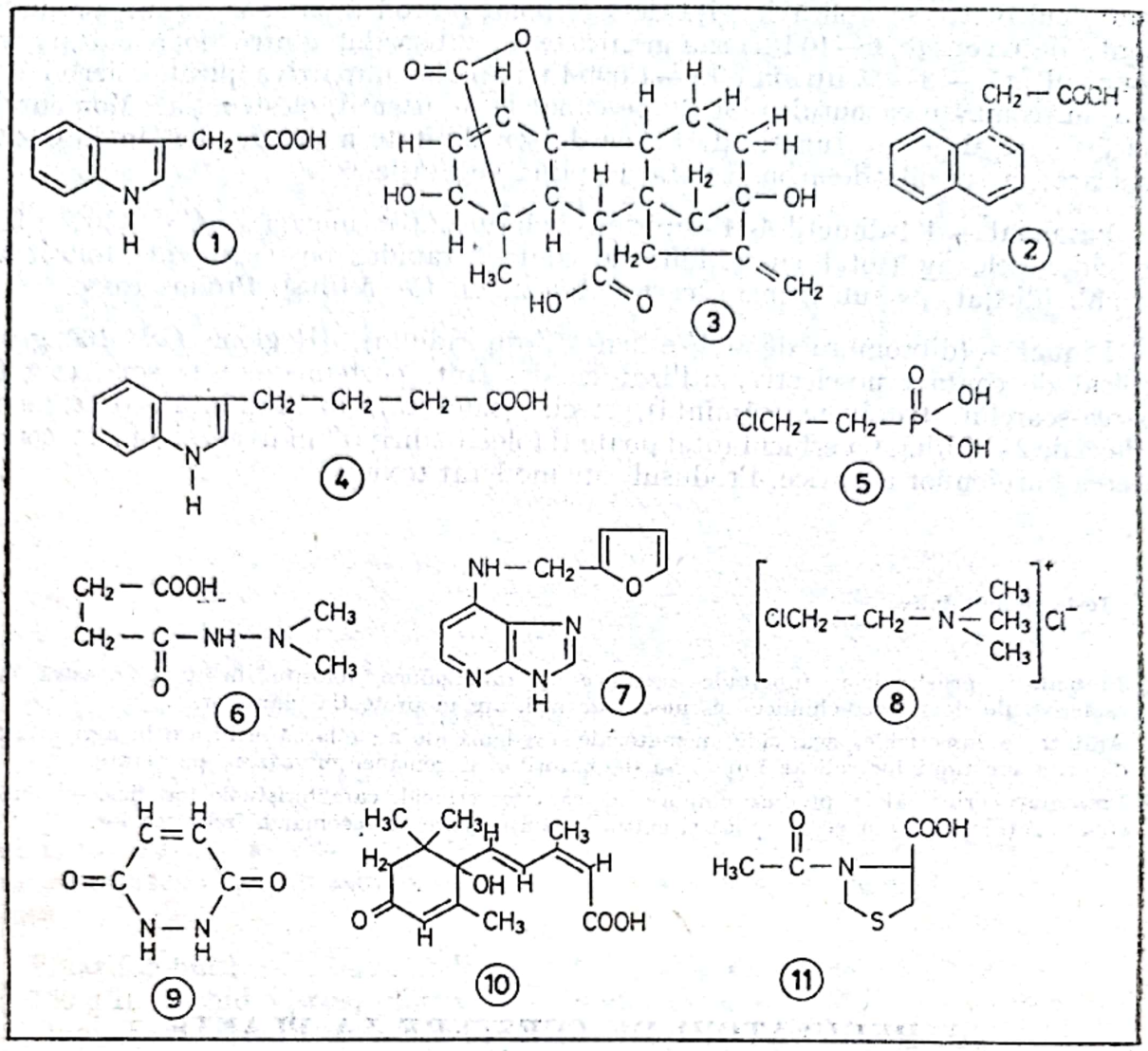


Fig. 10.1. Regulatori de creştere la plante:
1 — Heteroauxina; *2* — Acidul α-naftilacetic; *3* — Acidul giberelic; *4* — Acidul indolilbutiric; *5* — Etefon; *6* — Dami nozid; *7* — Chinetina; *8* — Clormequat (CCC); *9* — Hidrazida maleică; *10* — Acidul abscisic; *11* — Folcisteina.

10.1. STIMULATORI DE CREŞTERE

10.1.1. AUXINE NATURALE ŞI SINTETICE

Auxina (HETEROAUXINA) — (acid β-indolilacetic) (*AIA*). Auxinele sînt produşi naturali, fiziologic polivalenţi, care în doze foarte reduse, direct sau indirect, pot afecta creşterea şi dezvoltarea plantelor (formarea organelor vegetative şi generative). *AIA* este compusul auxinic natural găsit în ţesuturile vegetale, utilizat la *înrădăcinarea răsadului (tomate) în concentraţie de* 10—100 ppm, a butaşilor de viţă de vie, lămîi, coacăz, agriş, trandafir, în soluţie de 0,002—0,01% (2—4) ore şi ca cicatrizant. Auxina stimulează creşterea plantelor şi producţia de cartof (50 ppm), evită căderea florilor la viţa de vie (10—20 ppm). Au fost sintetizate o serie de substanţe cu structură asemănătoare cu a compuşilor endogeni, cu influenţă asupra metabolismului plantei; derivaţi ai indolului, naftalenului, ai acidului fenoxiacetic şi acizi benzoici substituiţi,

Scanned with OKEN Scanner

Acidul indolil butiric, IBA (Hormodin, Rootone (amestec), (*PS*)) cristale romboedrice, insolubile în apă. Se foloseşte ca stimulator al înrădăcinării butaşilor de prun, vişin în soluţii de 0,005% concentrat sau prin prăfuire înainte de plantat sau forţare; în floricultură evită căderea florilor. Produs toxic.

Acidul α-naftilacetic, ANA (Apple-Set, Nu Tone, Fruitone). Produsul pur se prezintă sub formă de cristale aciculare, incolore, solubile. Este formulat ca soluţie 1—20%, PP 0,2% şi aerosoli (sărurile de NH_4, K, Na, etil ester). Se utilizează în doză de 40—60 g/ha în 1 500 l apă cu muiant pentru abscisa (rărirea fructelor); suprimă creşterea lăstarilor lacomi formînd ramuri scurte, cu muguri de rod; previne căderea fructelor înainte de recoltare la măr şi păr, favorizează înrădăcinarea, este cicatrizant. Poate fi folosit în amestec. Slab toxic.

Acidul β-naftoxiacetic este folosit pentru legarea florilor şi îmbunătăţirea mărimii fructelor. Produsul NO-SEED *CS* 20 g/l este utilizat în serele de tomate ca stimulator pentru fecundare şi precocitate.

Acidul *2, 4*-diclorfenoxiacetic (2, 4-D) este stimulator şi erbicid folosit împotriva căderii bobocilor şi a florilor (5—20 ppm) cicatrizant, în doză de 20—100 ppm la tomate (stropiri) grăbeşte maturarea, măreşte greutatea fructelor şi producţia.

10.1.2. GIBERELINE

Acidul giberelic este o substanţă cristalină, albă, slab solubilă în apă (Giberelin, Gib-Tabs). Sînt stimulatori ai creşterii şi dezvoltării plantelor; se cunosc 52 gibereline (GA_1 — GA_{52}), cea mai activă pentru stimularea creşterii, grăbirea diferenţierii florilor şi inducerea partenocarpiei este (G_3). Se obţine din ciuperca Gibberella fujikuroi. Se stropesc strugurii fără sîmburi pentru sporirea dimensiunii bobului şi evitarea căderii florilor, la cartof întrerupe perioada de repaus prin menţinerea 10 minute a tuberculilor în soluţie 10 ppm, stimulează înflorirea şi fructificarea la specii floricole, legume (250 l/ha, 20 ppm). La orzul de malţ stimulează sinteza amilazei, iar în amestec cu tocoferol, în soluţii apoase, stimulează germinaţia seminţelor. Asociat cu CCC sporeşte producţia la orz: CCC intensifică înfrăţirea în faza de 3 frunze, iar GA_3 primăvara contribuie la dezvoltarea tulpinii şi a spicului în faza de stindard. La porumb stimulează germinarea polenului (creşterea tuburilor polenice). La sfecla de zahăr se citează sporuri de zahăr de 10%, urmare a creşterii rădăcinilor (soluţie de 100 ppm sau 70 g/ha). Produs netoxic.

10.1.3. CITOCHININE NATURALE ŞI SINTETICE

Chinetina — 6 furilmetilaminopurină. Citochininele sînt compuşi bioactivi care în concentraţii foarte scăzute în plantă stimulează diviziunea celulară. Biosinteza lor are loc în rădăcini. Chinetina, singură sau în amestec cu GA_3, aplicată foliar la grîu are efecte stimulative, micşorează stresul salin, iar la orez sporeşte translocarea fosforului spre bob. Dintre citochininele sintetice menţionăm *benziladenina*, *difenilureea* (DFU), *difeniltioureea* care stimulează germinaţia (seminţele negerminabile au „pierdut" chinetinele proprii), creşterea tulpinilor şi a frunzelor. Repausul tuberculilor datorat acidului abscisic poate fi întrerupt prin stropirea cu citochinine (5—10 ppm, înmuierea tuberculilor 6—24 ore). Ea eliberează mugurii laterali de dominaţia apicală, stimulează diferenţierea mugurilor vegetativi, elongaţia, accelerarea formării organelor florale, frînează îmbătrînirea ţesuturilor

Scanned with OKEN Scanner

10.2. RETARDANȚI DE CREȘTERE

Sînt compuși care inhibă creșterea, sinteza giberelinelor și a auxinelor, procesele de diviziune și elongație (înălțimea plantelor). Ei se deosebesc de stimulatorii de creștere, deși, în majoritatea cazurilor stimulează înflorirea și fructificarea, deci producția.

Clormequat (CCC) — clorură de 2-cloretiltrimetilamoniu (clorură de clorcolină (*CS*) 400 g/l, Cycocel, Stabilan, Bercema CCC, Clormequart R-41). Sare albă higroscopică livrată sub formă de concentrat solubil, corosivă, cu miros de pește putred, cu rol de frînare a creșterii în lungime. Se folosește la grîu în doză de 1,8—2 l/ha pentru prevenirea căderii prin scurtarea și îngroșarea paiului, aplicată la sfîrșitul înfrățirii (5—7 frunze) în 100—200 litri apă, terestru sau 50 l avio. Scurtarea tulpinii cu 25—30% este foarte importantă la aplicarea unor doze mari de azot. Sporește masa foliară, numărul de spice și de boabe în spic. Este utilizată la soiuri de grîu și orz sensibile la cădere. Retardanții sporesc rezistența la ger a legumelor, pomilor și arbuștilor, la secetă și arșiță, la salinitate și la acțiunea toxică la erbicidelor. Compatibil cu ureea, SDMA, MCPA și MCPP. Se mai folosește la cultura răsadului de tomate și ardei (0,1%, 1 litru soluție/m²) și pentru stimularea înfloririi și coacerea fructelor de tomate în concentrație de 0,05—0,1%. CCC reduce atacul de afide, oprește căderea fructelor la măr (4 000 ppm), stimulează înflorirea la vița de vie. Toxicitate medie.

Daminozid — 2, 2-dimetil-hidrazida acidului succinic, SADH (Kylar, Alar, B 9, (*PS*) 85%). Produsul pur este cristalin, alb, solubil în apă. Se condiționează ca pulbere solubilă în apă. Acționează sistemic reducînd creșterile lăstarilor, îmbunătățește diferențierea mugurilor, grăbește înflorirea și fructificarea (1 000—2 000 ppm), culoarea, consistența și durabilitatea fructelor de măr, cireș, tomate și ardei (0,1—0,25%), sporește rezistența la secetă, temperaturi scăzute și afide. În livezile stropite fînul nu se poate folosi. Produs netoxic.

Etefon — acid 2-cloroetilfosfonic (*Ethrel*, Flordimex, Rol-fruct, *CS* 39,5% sau 400 g/l). Produsul se livrează sub formă de lichid galben-pal, transparent, inodor, cu *p*H foarte acid (1—1,5). În plantă formează etilen la nivel celular. Ethrelul grăbește înflorirea, reduce numărul florilor avortate, asigură o bună fecundare și legare a fructelor. Este mult utilizat în horticultură pentru coacere mai timpurie (cu 7—14 zile), uniformă și concentrată la tomate, ardei, vișin (500—740 ppm), măr, prun (375 ppm), castraveți, pepeni, dovlecei (favorizează apariția florilor femele), la orz previne căderea în doză de 1 l/ha. Facilitează recoltarea mecanică la vișin și cireș. Produs relativ netoxic.

Acidul abscisic — (ABA), inhibitor natural prezent în țesuturile bătrîne; în cele tinere fiind mascat de substanțele stimulatoare cu care este în antagonism — acidul β-indolilacetic, giberelinele și citochininele. El reglează procesele de biosinteză ale ADN și ARN prin inhibarea ribonucleazelor și încorporarea aminoacizilor în proteine specifice. ABA inhibă germinarea semințelor prin blocarea enzimelor hidrolitice. Reglează starea de repaus a mugurilor (spre sfîrșitul iernii scade cantitativ în avantajul substanțelor stimulatoare). Tratarea cu ABA la măr și piersic reduce numărul florilor și fructelor tinere evitînd periodicitatea de rodire. Totodată crește rezistența plantelor în condiții de stres; mărește rezistența la secetă.

Hidrazida maleică — 1, 2-dihidro-piridazin-3, 6-dion (și sarea de Na) acționează prin frînarea diviziunii celulare din vîrful tulpinii și din țesuturile meristematice active. Este posibilă astfel efectuarea cîrnitului chimic. Aplicată la o lună după înflorire sporește numărul de muguri florali prin frînarea creșterii lăstarilor principali. Se utilizează la oprirea încolțirii tuberculilor de cartof și a bulbilor de ceapă

Scanned with OKEN Scanner

în timpul păstrării în concentrație de 2 500 ppm, sare de Na netoxică pentru consumatori. Acțiunea inhibitoare se datorează efectului antigiberelic, de frînare a respirației, blocarea unor sisteme enzimatice. Plantele tratate sînt mai rezistente la atacul de boli, insecte (afide și nematozi).

Tot compuși inhibitori sînt *Cloramfenicolul*, *Actinomicitul D* și *Puromicina*.

Etilena — (C_2H_4) este considerată ca un hormon declanșator al coacerii și maturării fructelor, de desprindere a lor, în relații sinergice sau antagonice cu auxinele, giberelinele, citochininele și acidul abscisic. În doze foarte scăzute, etilena endogenă sau aplicată exogen este un stimulator al creșterii, iar în doze mai mari (0,1 ppm) inhibă diviziunea celulară apicală sau a rădăcinilor. Grăbește procesul de maturare a fructelor prin accelerarea respirației.

10.3. BIOREGULATORI DE CREȘTERE

Folcisteina — (acidul-3-acetil-4-tiazolidincarboxilic) (Ergostim) este un biostimulator al germinării și al debutului floral.

Procaina este un stimulator al germinației, al creșterii vegetative și de acumulare a substanțelor de rezervă care se pare că acționează în sinergism cu citochininele.

Agrostemin — extras natural din Agrostema githago, conține aminoacizi și substanțe bioactive, stimulator general al dezvoltării. Se utilizează la cultura de grîu, floarea-soarelui, porumb, legume, în pomicultură și legumicultură în doze de 100 g/ha.

Teste recapitulative

10.1. Descrieți stimulatorii și retardanții de creștere cei mai cunoscuți, arătînd modul cum acționează asupra plantelor și în ce condiții se folosesc.

11. POLUAREA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR ÎN CONTEXTUL CHIMIZĂRII AGRICULTURII

Fenomenul de poluare a mediului înconjurător este direct legat de progresul tehnic în ansamblul său, de procesul de modernizare a localităților. Chimizarea agriculturii este parte integrantă a acestui ansamblu, cu implicații asupra aerului, apei, solului și plantelor.

11.1. POLUAREA AERULUI

Chimizarea agriculturii este implicată în poluarea aerului prin industriile producătoare de substanțe utilizabile în agricultură: îngrășăminte chimice, pesticide, alte produse.

Poluarea aerului datorită industriei îngrășămintelor. Principalele noxe emise cu prilejul obținerii îngrășămintelor cu azot rezultă la operațiile de neutralizare

Scanned with OKEN Scanner

și uscare: pierderi de amoniac, circa 1 kg NH_3/tonă și aproximativ 6 kg particule solide/tonă. La acestea se mai adaugă diferiți oxizi de azot (N_2O, N_2O_3, NO_2, NO) ce rezultă cu prilejul fabricării acidului azotic, fiind eliminați, în atmosferă prin turnul special de degazare. Amoniacul poate scăpa în atmosferă și datorită unor neglijențe sau accidente (S t e r n, A., 1968).

Amoniacul prezent în aer în cantitate de 1—3 mg la litru, dacă este aspirat de om și animale pătrunde în sînge și acționează ca excitant asupra sistemului nervos central. Prezența sa în aer poate deveni periculoasă pentru animale chiar la cantități de 0,02%.

La obținerea îngrășămintelor cu fosfor sînt eliberate în atmosferă, sub formă de gaze sau particule fine, tetrafluorură de siliciu, dioxid de sulf. acid fluorhidric și diferite particule solide (T e l l e r, 1967).

Precipitațiile antrenează emanațiile de gaze și pulberile din atmosferă care ajung pe sol și pe plante. Poluarea cu fluor, atît direct din atmosferă cît și din sol prin îngrășăminte, este dăunătoare omului și animalelor. Plantele ce conțin peste 1 ppm fluor pot fi periculoase pentru animale în unele împrejurări. Poluarea solului cu fluor este mai accentuată pe terenurile agricole învecinate combinatelor de îngrășăminte cu fosfor. La distanța de 250 m de sursa poluantă s-a constatat că solul conține 43 ppm F (R ă u ț ă, C î r s t e a, 1979). Concentrațiile descresc pe măsura depărtării de sursă, fiind de circa 1 ppm F la distanța de 4 km.

La fabricile de acid sulfuric pot fi emanate zilnic în aer 20—45 kg dioxid de sulf la tona de acid, care este aeropurtat la distanțe de peste 10 km. O concentrație de 0,001 mg dioxid de sulf la 1 l aer atmosferic se percepe și este ușor iritant; la 0,006—0,013 mg SO_2/l irită mucoasa căilor respiratorii, la 0,015—0,020 mg/l este suportat cu mare greutate de om, la 0,040—0,050 mg/l produce intoxicație gravă, iar la 1 mg/l are efect mortal. Efectul nociv asupra plantelor se datorește dizolvării SO_2 în apa de pe frunze, formîndu-se acidul sulfuros, care este agent vătămător. Mult de suferit în acest sens au plantele furajere, în special lucerna și trifoiul, iar în timp de iarnă coniferele (R â p e a n u, M., 1979).

Poluarea datorită industriei pesticidelor. Este bine cunoscut că multe insecticide organoclorurate se găsesc deja în toate zonele lumii. Aceasta se datorește, într-o mare măsură, transportului atmosferic și redistribuirii pesticidelor din momentul în care a început utilizarea lor în agricultură. Căderea pe sol și plante poate să ducă la o acumulare continuă a lor și la modificări în metabolismul anumitor specii de plante și animale. Datorită persistenței lor ridicate, o parte importantă din cantitatea aplicată se găsește în sol nedescompusă, intrînd în circuitul global al Terrei. În Suedia, pe soluri netratate, s-au pus în evidență cantități de DDT și Lindan pe terenuri arabile, pășuni și pădure.

Cele mai mari cantități de DDT s-au găsit în solurile forestiere, deși nu au fost tratate și sînt departe de zonele agricole (50 ppm DDT și 40 ppm Lindan față de numai 6 ppm DDT și 8 ppm Lindan în sol arabil). Explicația constă în aceea că pădurea este un filtru atmosferic mai bun, expunerea la lumină este mai redusă și descompunerea fotochimică mai puțin intensă.

11.2. POLUAREA SURSELOR DE APĂ SUBTERANE ȘI DE SUPRAFAȚĂ

Poluarea apei are loc în urma aplicării excesive a îngrășămintelor și pesticidelor. Din categoria îngrășămintelor chimice sînt implicate în primul rînd cele cu azot. Cantitățile excesive din apele de suprafață rezultă din suprafertilizare și scurgere superficială în urma ploilor. Tot datorită suprafertilizării se întîlnesc cantități excesive de nitrați în apele freatice.

Scanned with OKEN Scanner

Concentrațiile de nitrați în apele de suprafață variază între 0,2—4,2 mg NO_3/l în apele domoale și crește la 40—45 mg NO_3/l în apele de scurgere după o aversă de ploaie. Nitrații au efect toxic pentru om și animale, de aceea legislația din țara noastră stabilește limita maximă în conținutul de nitrați din apă de 45 mgNO_3/litru. Excesul de nitrați din ape sau alimente produce boala numită methemoglobinemie întîlnită mai ales la copii, iar formarea de nitrozamine în tubul digestiv are efect cancerigen.

Referitor la fosfor, aceasta este mai greu solubilizat și deplasat de apele de scurgere superficială sau de cele de suprafață. Ca urmare, concentrațiile de fosfor în ape sînt, de obicei, mai mici de 0,2 mg/litru.

Pesticidele aplicate sub diverse forme culturilor pot fi regăsite atît în apele riurilor cît și în cele subterane. Deplasarea lor are loc prin scurgere la suprafață și prin levigare pe profilul solului. Scurgerea la suprafață se datorește atît precipitațiilor cît și irigării, pesticidele deplasîndu-se ca soluție sau suspensie. Această formă de deplasare depinde de configurația terenului și intensitatea precipitațiilor. Cercetările efectuate în țara noastră au pus în evidență în apa de scurgere de suprafață, pe parcele cu panta de 25%, conținuturi de reziduuri de HCH cuprinse între 1,7—3,9 ppm. În suspensia apelor de scurgere pe pante (de 18—28%) s-au găsit între 0,039—0,288 ppm triazine (R ă u ț ă și colab,. 1982). Din aceleași cercetări rezultă că într-un cernoziom vermic se întîlnesc valori de 0,067 ppm HCH, respectiv 0,035 ppm DDT la adîncimea de 20 cm. Insecticidele organoclorurate s-au pus în evidență în sedimente marine din apropierea litoralului românesc, în concentrații pînă la 0,287 ppm DDT în dreptul portului Constanța și de 0,8 ppm la Gurile Dunării.

Intoxicația cu pesticide prin ape poluate este rar întîlnită în forme acute, datorită solubilității lor uneori scăzute și, în general, prin modificările puternice pe care le produc apei (de miros, gust, culoare etc.) care alarmează imediat. De altfel, în apă, pesticidele suferă un fenomen de biodegradare mai rapidă sau mai lentă, în funcție de compoziția lor chimică. Cele organoclorurate (HCH, DDT, Aldrin, Dieldrin și altele) sînt degradate lent avînd remanență mare.

Poluarea apelor cu pesticide se produce atît prin antrenarea lor de către apele de irigare, cît și datorită deversării de reziduri de la fabricile de pesticide, spălarea diverselor ustensile folosite la aplicarea pesticidelor în apa riurilor etc.

Acțiunea pesticidelor asupra organismelor umane și animale depinde de formula chimică: unele sînt foarte toxice, cum sînt cele organofosforice, dar care se biodegradează repede, în timp ce altele, cum sînt cele organoclorurate, sînt mai puțin toxice dar se biodegradează greu, de aceea sînt tot așa de periculoase.

Efectele produse de pesticide pot fi împărțite în: hepatotoxice, cu alterarea funcției ficatului pînă la producerea hepatitei cronice, neurotoxice, cu modificări ale curenților bioelectrici din creier pînă la producerea de encefalopatii, efecte asupra glandelor endocrine, efecte embriotoxice cu producerea de malformații congenitale. Aceste efecte au fost constatate numai la animale, dar se presupun posibile și la om (M ă n e s c u, 1978).

Efectul poluanților proveniți din chimizarea agriculturii poate fi observat în numărul crescînd de pești morți în ape în diverse țări. Controlarea reziduurilor de pesticide și a conținutului de nitrați este de mare importanță pentru sănătatea omului. În zonele în care apa potabilă se procură din apele de suprafață sau din pînzele freatice, toxicitatea cauzată de acești agenți constituie o problemă deosebit de acută.

Scanned with OKEN Scanner

Modificarea accesibilității elementelor nutritive prin poluarea acidă a solului. Fenomenul de poluare are multiple implicații asupra însușirilor solului. În 1976 a avut loc primul simpozion internațional privitor la „precipitațiile acide" și a implicațiilor lor asupra sistemului forestier (N y e b o r g). S-au făcut referiri mai ales la emanațiile de SO_2 datorate activității umane, unul din cei mai importanți poluanți atmosferici, cantitatea anuală la nivel planetar fiind evaluată la 60 mil. t SO_2

Poluanții ajunși în sol prin circulația curenților atmosferici pe verticală sau prin precipitații care capătă caracter acid constituie un agent de alterare și modificare a însușirilor solului. Solubilizarea oxizilor de azot și a SO_2 în apele precipitațiilor din vecinătatea zonelor industriale produce profunde modificări în privința *p*H-ului solului, care în jurul combinatelor de îngrășăminte chimice poate să scadă la valori de 3,7—3,8, ceea ce afectează substanțial creșterea speciilor de plante spontane sau cultivate puțin tolerante la mediul acid. Creșterea acidității solului mărește mobilitatea anumitor specii de ioni reținuți la fracțiunea minerală sau organică a solului (Fe^2, Al^3 Mn^2), care devin nocivi plantelor. Într-un asemenea sol se găsesc concentrații ridicate ale formelor minerale de azot, care de asemenea ating niveluri nocive pentru plante (L i x a n d r u și colab., 1981). Se cunoaște că moleculele neutre de NH_3 pot traversa nemetabolic membrana celulară a perilor radiculari, producînd intoxicarea plantelor tinere în cazul soluțiilor cu concentrații ridicate de NH_3.

Poluanții acizi contribuie la debazificarea extrem de avansată a solului și la acidifierea acestuia, ajungîndu-se la un grad de saturație cu baze sub 20% în anumite cazuri, ceea ce presupune intervenția prin amendamente calcaroase pentru corectarea însușirilor nefavorabile creșterii plantelor cultivate. În asemenea condiții se impun limitarea debitului gazelor poluante, folosirea de amendamente calcaroase, de îngrășăminte cu fosfor și potasiu și cultivarea speciilor de plante tolerante la poluanții care modifică însușirile chimice ale solului.

Poluarea solului în cazul folosirii îngrășămintelor cu fosfor are loc prin impuritățile pe care acestea la conțin: metale și metaloizi toxici. Principalele impurități prezente în superfosfat, după B a r o w s, sînt:

Arsen	1,2—2,2 ppm	Cadmiu	50—170 ppm
Crom	66—243 ppm	Cobalt	0—9 ppm
Cupru	4—79 ppm	Plumb	7—92 ppm
Nichel	7—32 ppm	Seleniu	0—4,5 ppm
Vanadiu	20—180 ppm	Zinc	50—1 420 ppm

În condițiile unei agriculturi intensive, cercetarea trebuie concentrată pe realizarea unui compromis între cerințele agriculturii de îngrășăminte pentru obținerea de recolte maxime și limita necesară pentru prevenirea poluării solului.

Poluarea solului cu pesticide. Creșterea permanentă a producției agricole impune protecția corespunzătoare a plantelor cultivate și a vegetației forestiere împotriva dăunătorilor, bolilor și buruienilor. Ideal ar fi ca pesticidele folosite să se epuizeze o dată cu realizarea scopului urmărit, în realitate ele intră într-uu anumit circuit ce afectează ecosistemele terestre (fig. 11.1). Tratamentele aplicate se soldează cu o mare pierdere de produs, dintr-un anumit insecticid sau fungicid numai 6% acționează asupra dăunătorilor, restul de 97% se pierde, ajunge în sol, pe plante și alte organisme ale agroecosistemului. În cazul erbicidelor, fracțiunea utilă este de 5—40% (B a i c u, 1978). Această cantitate extrem de mare nefolosită creează serioase probleme ecologice, unele încă puțin cunoscute. De aceea începînd din anul 1974 s-a trecut la un program amplu de cercetări, cu întocmirea de hărți privind răspîndirea în teritoriu a anumitor reziduuri în sol (vezi R ă u ț ă și colab., 1982).

Scanned with OKEN Scanner

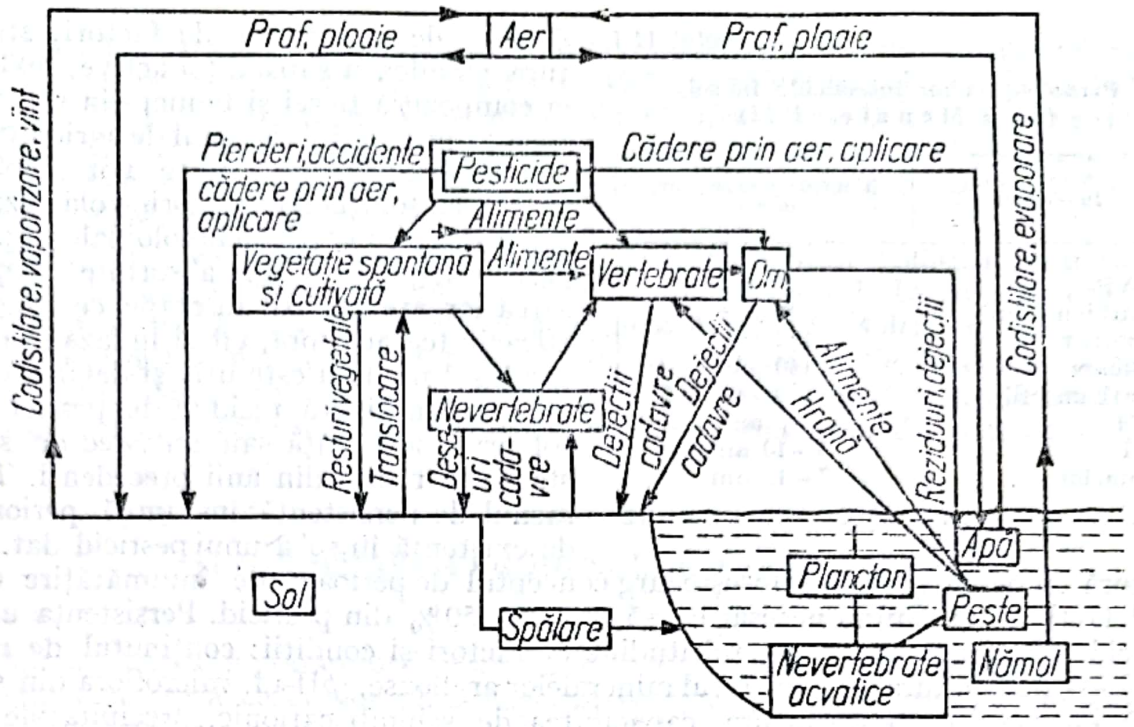


Fig. 11.1. Circulația pesticidelor în natură (după **F i h b e i n**, 1974).

Acumularea reziduurilor de pesticide în sol are loc pe mai multe căi: în urma aplicării directe pe sol sau în sol; ajungerea în sol a unei mari cantități din produsele cu care s-au stropit plantele; prin resturile vegetale și animale încărcate cu reziduuri de pesticide, introduse în sol ca îngrășămînt; prin căderi directe de praf din atmosferă sau prin spălarea atmosferei de către precipitații.

În general, solul acționează ca un receptor și rezervor pentru pesticide, în care acestea se degradează sau sînt treptat dispersate în mediu, translocate în plante unele putînd persista în sol mulți ani de la aplicare.

În sol pesticidele suferă numeroase influențe abiotice și biotice care conduc la transformarea și mineralizarea lor (fig. 11.2). Tipul și viteza transformărilor

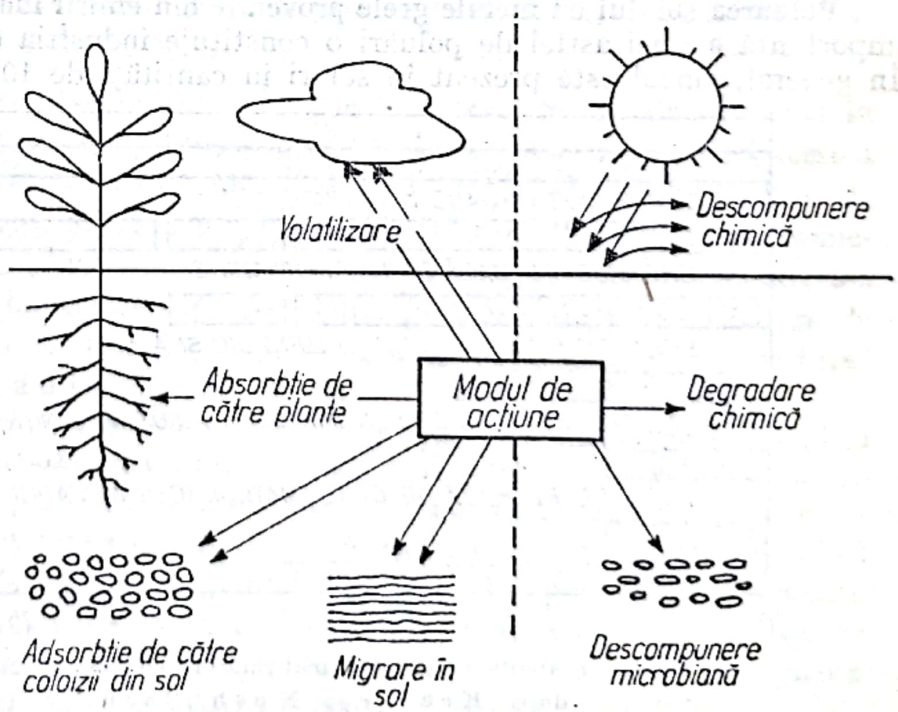


Fig. 11.2 Acțiunea la care sînt supuse pesticidele în sol (după *R ă u ț ă, C â r s t e a*, 1983).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 11.1

Persistența unor insecticide în sol
(după Menzie, 1972)

Insecticidul	Timp de înjumătățire în sol
DDVP	17 zile
Parathion metil	45 zile
Dimetoat	122 zile
Dipterex	140 zile
Parathion etil	180 zile
HCH	2 ani
DDT	3—10 ani
Heptaclor	7—12 ani

depind de o mulțime de factori: structura chimică a substanței active, textura și compoziția florei și faunei din sol, factorii atmosferici și sistemul de agricultură.

Pesticidele din sol se pot deplasa o dată cu soluția solului, prin volatilizare, sau o dată cu particulele coloidale supuse eroziunii, pe care sînt absorbite. Deplasarea lor are loc atît în etape ce asigură eficacitatea acestora, cît și în faza în care produsul nu mai este util și devine reziduu. Se consideră reziduu de pesticid în sol orice substanță sau amestec de substanțe ce rămîn din anii precedenți. Termenul de persistență înseamnă perioada de existență în sol a unui pesticid dat. În legătură cu persistența, se folosește larg conceptul de perioadă de înjumătățire (tabelul 11.1), adică timpul necesar ca să dispară 50% din pesticid. Persistența unui pesticid în sol depinde de o multitudine de factori și condiții: conținutul de materie organică, natura și conținutul mineralelor argiloase, pH-ul, microflora din sol, regimul aerohidric, temperatura, capacitatea de schimb cationic, precipitațiile și, cel mai important, natura chimică a pesticidului. O prezentare sintetică a persistenței pesticidelor în sol este redată în figura 11.3.

Cercetări de lungă durată au pus în evidență remanența mai mare a DDT-ului comparativ cu HCH (după 5 ani încă se mai găseau circa 50% DDT reziduuri și circa 20% HCH). După 6 ani de la aplicarea pe soluri irigate s-a păstrat pînă la 70% din cantitatea determinată în sol inițial, atît pentru HCH cît și pentru DDT. Din cauza remanenței îndelungate a acestor produse, în ultimii ani s-a trecut la utilizarea de pesticide ușor degradabile, cum sînt: insecticidele carbamice, cele mai multe insecticide organofosforice, insecticide piretroide. Totuși, unele dintre pesticidele ușor degradabile sînt reprezentate prin produși de degradare care pot persista în sol pînă la cîteva luni și pot fi foarte toxici, fapt de care trebuie să se țină seama riguros la folosirea lor în producția vegetală.

Poluarea solului cu metale grele provenite din emisii industriale. Sursa cea mai importantă a unei astfel de poluări o constituie industria cu diversele ei ramuri. În general, zincul este prezent în soluri în cantități de 10—300 ppm, în solurile

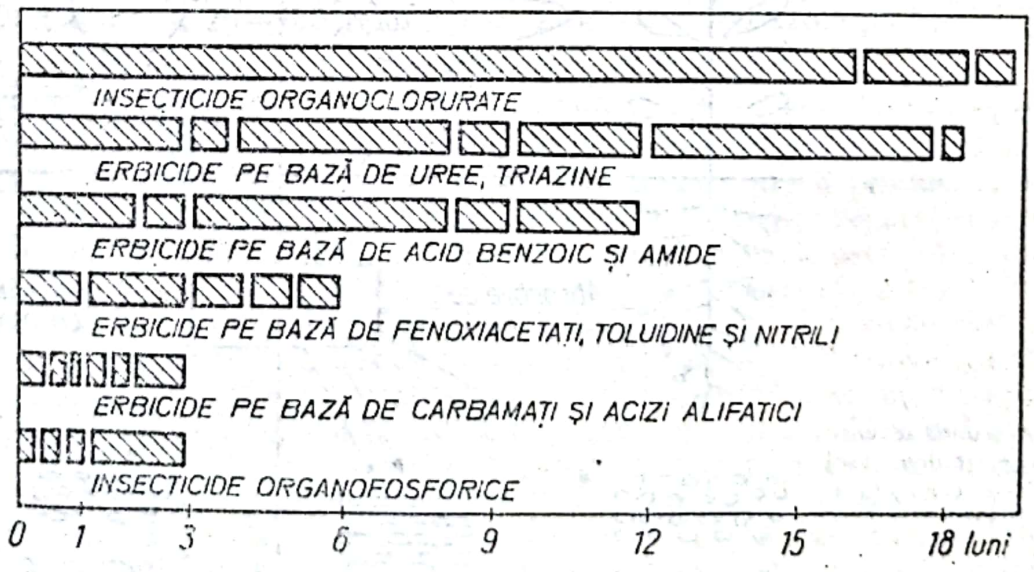


Fig. 11.3. Persistența în soluri a mai multor clase de insecticide și erbicide (după Kearney; Nash; Isensee, 1969).

Scanned with OKEN Scanner

arabile ale României găsindu-se 10—97 ppm. Conținutul total de cupru al solurilor agricole de la noi a fost identificat între 4,3 49,7 ppm Cu total (Băjescu, 1971), iar cel de Pb pe un sol brun roșcat a fost de 12 ppm (Oprea și Lupei). În funcție de distanța față de sursa de emisie, zincul a atins valori ce depășesc de 5—10 ori pe cele caracteristice solurilor din zonă, neafectate de poluare (Răuță și colab., 1978, 1980).

Dintre microelemente, cuprul formează cele mai stabile legături cu materia organică, de care poate fi legat pînă la 50% din cuprul total. În solurile din vii, prin stropirile cu zeamă bordeleză se acumulează pînă la 400 ppm Cu. Acesta rămîne în primii 20 cm ai solului, nefiind vătămător viței de vie care are sistemul radicular îndeosebi sub 40 cm (Băjescu, 1971). Toxicitatea cuprică apare de obicei în soluri sărace în materie organică și pe cele cu reacție acidă și foarte acidă.

11.4. POLUAREA PRODUSELOR VEGETALE

Administrarea îngrășămintelor chimice și a pesticidelor în condițiile insuficientei cunoașteri a cerințelor plantelor cultivate, fără a ține cont de condițiile de sol și climă, generează apariția unor fenomene dăunătoare producției vegetale.

Poluarea plantelor cu nitrați. Coeficientul de valorificare al azotului aplicat solului depășește rar 60%, în funcție de metoda de aplicare. Excesul de azot mineral, de obicei sub formă nitrică, constituie o sursă poluantă pentru plante. Cum s-a amintit, azotul ce rămîne în plante sub formă de NO_3^- exercită acțiune nocivă asupra organismelor vii. Plantele, în special cele furajere, acumulează în mod diferit nitrații. Raigrasul, golomățul și ierburile au, în general, o concentrație mai mare de nitrați. Leguminoasele, în mod normal, nu acumulează azotați în cantități excesive. Cerealele folosite ca furaj verde acumulează nitrați (porumb, ovăz, secară, mei). În aceleași condiții grîul are conținut scăzut de nitrați. Plantele cu tulpini groase (floarea-soarelui, diferite crucifere) acumulează, de asemenea, nitrați. Rădăcinoasele (morcovul, sfecla) depozitează azotați mai mult în frunze decît în rădăcini. La porumb, în faza cînd bobul se află în lapte-ceară, azotații încep să scadă cantitativ (vezi și subcap. 5.10).

Poluarea produselor vegetale cu pesticide. Prezența reziduurilor de pesticide în sol permite absorbția în plante. Absorbița insecticidelor are loc numai cînd acestea se găsesc în cantități excesive în sol. Intensitatea absorbției lor diferă funcție de pesticid. De exemplu, heptaclorul este mai ușor absorbit decît aldrinul. De asemenea, există o diferențiere și în funcție de specia de plante; în unele cercetări s-a constatat că indicele de bioconcentrare sol-bob de grîu este de 1:1 la HCH și de 1:1,5 sol-bob de porumb tot la HCH, ceeace arată că porumbul are „afinitate" mai mare decît grîul (Răuță și colab., 1977).

Pesticidele sînt absorbite de către plante mai ușor din solurile nisipoase și în mică măsură din cele turboase, care au conținut mai ridicat de materie organică (tabelul 11.2). Pe de altă parte, cantitățile de reziduuri acumulate în plante se corelează cu capacitatea de reținere a solului pentru acestea. Plantele cultivate pe soluri cu capacitate ridicată de reținere a pesticidelor sînt mai puternic contaminate comparativ cu cele cultivate pe soluri cu capacitate scăzută de reținere. Așa se explică contaminarea mai accentuată la plantele cultivate pe soluri cu textură argiloasă față de cele cultivate pe soluri nisipoase (vezi și subcap. 9.1)

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 11.32

Absorbția pesticidelor de către plante (după O l a f f s și colab., 1977)

Insecticide	Sol nisipos		Sol turbos	
	ppm în sol uscat	ppm în morcovi s.a.	ppm în sol uscat	ppm în morcovi s.a
HCH	0,095	0,0249	0,693	0,0225
Heptaclor	0,066	0,0063	4,563	0,017
Dieldrin	1,165	0,0455	8,653	0,0251
DDT	4,650	0,0374	10,217	0,0265

Poluarea plantelor cu metale grele. Accesibilitatea pentru plante a metalelor grele este condiționată de reacția solului, de conținutul de materie organică, în special de compușii organici puțin rezistenți la humificare, de cantitatea și natura coloizilor minerali, de condițiile de umiditate din sol, de intensitatea activității microorganismelor, iar materia organică are un rol important în reținerea metalelor prin formarea de complecși de tip chelat, din care acestea au grade diferite de accesibilitate pentru plante.

Cercetările efectuate în țara noastră asupra solului din jurul unor întreprinderi industriale au dus la concluzia că, la porumb, concentrația de cupru a fost de 36,25 ppm la plantele recoltate de lîngă întreprindere și de 12,5 ppm la cele situate la distanța de 1 000 m. Concentrația în zinc la plantele nespălate a fost de 262,5 ppm la plantele de lîngă întreprindere și de 78 ppm la cele situate la 1 000 m de sursa poluantă. În frunzele porumbului aflat în faza de înspicare s-au determinat 0,1 ppm Pb (Z a i ț e v a și K o n g r o t o k, 1976). Frunzele acumulează mai multe metale grele decît tulpina, iar aceasta mai mult decît spicul sau știuletele. Concentrațiile mari ale acestor elemente duc la apariția unor simptome de intoxicare a plantelor.

Unele specii de plante sînt tolerante la excesul de metale grele. Astfel, *Agrostis tenius* este tolerantă la excesul de Zn și Pb (prin comparație cu alte graminee), pe care le reține în rădăcină. Fasolea poate acumula cantități mari de Zn în frunze fără a da semne de intoxicare. Plantele netolerante la excesul de Zn devin clorotice, iar rădăcinile nu se formează.

Dintre elementele cu rol toxic pentru organismele vegetale și animale (Hg, Cd, Pb, Ni, Cu, Zn, As, F, B), cele mai toxice sînt Cd și As. Metalele grele pot ajunge pe plante și în sol pe următoarele căi: o dată cu pesticidele (As, Cu, Pb, Hg, Zn); ca efect al poluării industriale (As, Cd, Cu, Fe, Ni, Zn); o dată cu îngrășămintele, cu nămolurile de la epurația apelor uzate orășenești sau prin irigație; din gazele de eșapament de la automobile și din arderea cărbunilor (Pb). Prin măsuri de prevenire a poluării solului și plantelor se intenționează menținerea în sol a unor niveluri maxime admisibile de metale grele (vezi tabelul 5.52). Micșorarea poluanților industriali constituie o primă măsură în această privință. Controlul apelor uzate utilizate la irigații se impune de asemenea ca o măsură de prevenire a poluării cu metale grele. Folosirea rațională a dejecțiilor de la creșterea industrială a porcilor, taurinelor și păsărilor contribuie la evitarea poluării solului și surselor naturale de apă și la folosirea lor ca îngrășămînt.

În țara noastră s-a înființat (1973) Consiliul Național pentru Protecția Mediului Înconjurător, organ care concepe unitar, coordonează și realizează activitățile importante din domeniul prevederii și combaterii poluării mediului înconjurător.

Scanned with OKEN Scanner

Ţinînd seama de problemele complexe generate de protecţia mediului ambiant, a fost elaborat *Programul Naţional privind Protecţia Mediului Înconjurător.* Ca ţară membră a Consiliului de Administraţie a Programului Naţiunilor Unite pentru Mediul Înconjurător (U.N.E.P.), România participă activ la un număr important de acţiuni în cadrul acestui program.

Teste recapitulative

11.1. Menţionaţi sursele poluanţilor atmosferici şi de sol, limitele permise pentru anumite specii de ioni în aer, în apa potabilă şi în sol, reglementările în vigoare privind evitarea procesului de poluare.

Scanned with OKEN Scanner

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

Avram, M. — *Antidăunători*. Editura Academiei, București, 1974.
Audus, L. J. — *Erbicides, vol 2*. Academic Press, London, 1976.
Badea Cr. și colab. *Tratat de biochimie vegetală* Vol. II Editura Academiei, București 1965.
Baicu, T. — *Îndrumător pentru folosirea pesticidelor*. Editura Ceres, București, 1979.
Bartholomew, W. V., Clark, F. E. — *Soil nitrogen*, Wisconsin, 1965.
Baghinschi, V. — *Funcțiile de producție și aplicațiile lor în agricultură*. Editura Ceres, București, 1979.
Bărbat, I., Calancea, L. — *Nutriția minerală a plantelor*. Editura Ceres, București, 1970.
Băjescu, I., Chiriac, A. — *Distribuția microelementelor în solurile României*. Editura Ceres, București, 1984.
Bear, E. F. — *Chemistry of the soil*. New York, 1964.
Bergmann, W., Neubert, P. — *Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1976.
Boguslawski, E. v. — *Ackerbau Gründlagen der Pflanzenproduction*. Frankfurt (Main), 1981.
Boguslawski, E. v., Debruck, J. — *Strohdüngung und Bodenfruchtbarkeit*. DLG. Verlag, Frankfurt (Main), 1977.
Bointon D. et al. — *Mineral nutrition of fruit crops*. Norman F. Childers Editor, New Jersey, 1954.
Bonneau, M., Soucher, B. — *Constituients and properties of soils*. Academic Press, London, 1982.
Borlan, Z., Hera, Cr. — *Metode de apreciere a stării de fertilitate a solului în vederea folosirii raționale a îngrășămintelor*. Editura Ceres, București, 1973.
Borlan, Z., Răuță, C. și colab. — *Metodologia de analiză agrochimică a solurilor în vederea stabilirii necesarului de amendamente și îngrășăminte*. ICPA București, 1981.
Borlan, Z., Hera, Cr. — *Optimizarea agrochimică a sistemului sol-plantă*. Editura Academiei, București, 1984.
Borlan, Z., Hera, Cr. și colab. — *Tabele și nomograme agrochimice*. Editura Ceres, București, 1982.
Brady, N. C. — *The nature and properties of soils*. Macmillan Publishing Co., Inc. New York, 1978.
Broadbent, F. E. — *Mineralization, immobilization and nitrification*. Sacramento, California, 1978.
Calancea L. — *Agrochimie*. I. Agronomic Cluj — Napoca 1977.
Callot, G. și colab. — *Les interactions sol-racine. Incidence sur la nutrition minérale*. INRA, Paris, 1982.
Calistru, C., Leonte, C., Hagiu, C., Siminiceanu, I., Popa, O. — *Tehnologia îngrășămintelor minerale*. Editura Tehnică, București, 1984.
Caramete, C. și colab. — *Nutriția plantelor și aplicarea îngrășămintelor*. Editura Ceres, București, 1973.
Chiriac, V. și colab. — *Epurarea apelor uzate și valorificarea reziduurilor industriale și zootehnice*. Editura Ceres, București, 1977.
Chiriță C. *Encopedologie*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1974.
Comaniță, E., Soltea, C. — *Chimia și tehnologia antidăunătorilor*. Editura Tehnică, București, 1986.
Corbett, J. R. — *The biochemical action of pesticides*. Academic Press, London, 1974.
Cormis, L., Bronté, J. — *Les effects du dioxide de soufre sur les végétaux superieure*. Ed. Masson, Paris — New York, 1981.

Scanned with OKEN Scanner

Costache, N., Luca, E. — *Mecanizarea lucrărilor de chimizare a agriculturii.* Editura Ceres, București, 1982.
Davidescu, D., Velicica Davidescu, Calancea, L., Handra, M., Petrescu, O. — *Azotul în agricultură.* Editura Academiei, București, 1976.
Davidescu, D., Calancea, L., Velicica Davidescu, Lixandru, Gh., Ţîrdea, C. — *Agrochimie.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981.
Dorneanu, A., Dorneanu, E.— *Dirijarea fertilității solului.* Editura Ceres, București, 1976.
Duthil, J. — *Elements d'écologie et d'agronomie.* Tom II. Ed. J. B. Bailliére, Paris, 1973.
Eliade, Gh., Ghinea, L., Stefanic, Gh. — *Bazele biologice ale fertilității solului.* Editura Ceres, București, 1983.
Epstein, E. — *Mineral nutrition of plants. Principles and perspectives.* New York, 1972.
Finck, A. — *Dünger und Düngung.* Verlag Chemie, Weinheim. New York, 1979.
Fried, M., Broeshart, H. — *The soil-plant system in relation to inorganic nutrition.* Academic Press, New York, 1967.
Gaucher, G. — *Traité de pedologie agricole. Le sol et ses caracteristiques agronomiques.* Dunod, Paris, 1968.
Geissler, Th. — *Düngung und Erdwirtschaft.* VEB Deutscher Landw, Berlin, 1983.
Gervy, T. — *Les phosphates et l'agriculture.* Dunod, Paris, 1970.
Gherganu S — Oligominerale și oligomineraloze. Ed. Academiei București 1980.
Gils, M. B. — *Ratsionalnîe sposobî vnesenija udobrenii.* Izd. Kolos. Moskva, 1975.
Gorlitz, H. et al. — *Grundlagen der Düngung und des Pflanzenschutzes.* VEB Deutscher Landwirtschaftverlag. Berlin, 1981.
Hagin, J., Tucker, B. — *Fertilization of dryland and irigated soils.* Springer-Verlag, Berlin, 1982.
Hardy, W. F., Gibson, A. H. — *A treatise on dinitrogen fixation.* IV. John Wiley and Sons, New York, 1977.
Hera, Cr., Borlan, Z. ș.a. — *Ghid pentru alcătuirea planurilor de fertilizare.* Editura Ceres, București, 1980.
Hera, Cr., Eliade, Gh., Ghinea, L. — *Asigurarea azotului necesar culturilor agricole.* Editura Ceres, București, 1984.
Iagodin, B. A. et al. — *Agrohimija.* Izd. Kolos, Moskva, 1982.
Ionescu Șișești Vl. și colab.— *Valorificarea pentru producția vegetală a nămolurilor și apelor uzate de la complexele zootehnice.* Red. de propagandă tehnică agricolă, București, 1986.
Iovi, A. — *Tehnologia îngrășămintelor minerale.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1977.
Khan, S. U. — *Pesticides in the soil enviroment.* Elsevier Sci. Publish. Co. Amsterdam, 1980.
Kundler, P. et al. — *Mineraldüngung.* VEB Deutscher Landw. Berlin, 1970.
Laleta F. — *La concimazione della piante da frut'o.* Tamburine Ediorst Milano, 1970.
Lixandru Gh. *Îngrășăminte chimice lichide. Sortimente și utilizare.* Cercet. Agron. în Moldova nr. 4/1988.
Mengel, K., Kirkby, E. — *Principles of plant nutrition.* International Potash Institute, Berne 1978.
Mokrievici, G. L., Lavitzkaia, S. — *Tzinkovoe udobrenie.* Izd. Kainar, Alma-Ata, S.S.S.R., 1972.
Mortvedt, J. J. et al. — *Micronutrients in agriculture.* Soil Sci. Soc. Amer., Inc. Madison, U.S.A., 1972.
Müller, P. et al. — *Biologische und agrotechnische Grundlagen der industriemässigen Pflanzenproduktion.* VEB Deutscher Landw. Berlin, 1980.
Murphy, L. A. — *Sources of nitrogen in irrigated agriculture. Management of nitrogen irrigated agriculture.* Sacramento, California, 1978.
Nicholas, D. J. D., Egan, A. R. — *Trace elements in soil-plant-animal-systems.* Academic Press, Inc. New York, 1975.
Nikitischen, V. I. — *Agrochimiceskie osnovî efektivno primeneniia udobrenii v intensivnom zemledelii.* Izd. Nauka, Moskva, 1984.
Olson, R. A. — *The indispensable role of nitrogen in agricultural production.* Sacramento, California, 1978.
Quispel, A. et al. — *The biology of nitrogen fixation.* North-Holland Publish. Co., 1974.
Peter, A. v. — *Fertilizer requirements in developing countries.* Alambic House, London, 1980.
Peterburgskii, A. V. — *Agrochimija i fiziologhia pitania rastenii.* Rosselihozizdat, Moskva, 1971.
Pratt, P. F. et al. — *Management of nitrogen in irrigated agriculture.* Sacramento, California, 1978.
Raymond, C. L. — *Pollution control for agriculture.* Academic Press, London, 1977.
Răuță, C., Cârstea, St. — *Prevenirea și combaterea poluării solului.* Editura Ceres, București, 1983.
Reid R. L., Horwath D. J. — *Soil chemistry and mineral problems in farm livrstok.* Amsterdam, 1980.
Sauerbeck, D. R — În: *Soil Degradation,* A. A. Balkema / Rotterdam, 1980.

Scanned with OKEN Scanner

Segal, R. și colab. — *Valoarea nutritivă a produselor agroalimentare*. Editura Ceres, București, 1983.
Schiling, G. — *Pflanzenernährung, I*, VEB Deut. Landw. Berlin, 1982.
Teaci, D., Puiu, Șt., Amzăr, Gh., Voiculescu, N., Popescu, I. — *Influența condițiilor de mediu asupra creșterii pomilor în România*. Editura Ceres, București, 1985.
Torrey, J. G., Clarkson, D. T. — *The development and function of roots*. Academic Press, London, 1975.
Tucker, T. C., Hauck, R. D. — *Removal of nitrogen by various irrigated crops*. Sacramento, California, 1978.
Tunney, H. — *Agricultural wastes as fertilizers*. Academic Press, New York, 1980.
Ungureanu, V. G. și colab. — *Recomandatzii po ispolizovanii udobrenii v Moldovskoi SSR nv 1981—1985 gg*. Izd. Timpul, Chișinău, 1981.
Vintilă, I., Borlan, Z., Răuță, C., Daniliuc, D., Tigănaș, L. — *Situația agrochimică a solurilor din România. Prezent și viitor*. Editura Ceres, București, 1984.
Vlasiuk P.A. et al — *Microelementî v obmene verschest v rastenii. Jzd. Kolos Naukovo Dunka, 1976*

Scanned with OKEN Scanner

Plan nr. 9644
Bun de tipar: 14. III. 1990. Coli tipar: 24,5

Tiparul executat sub comanda nr. 423
la Întreprinderea Poligrafică „13 Decembrie 1918"
ROMÂNIA

Scanned with OKEN Scanner

ISBN 973-30-0478-2

Lei 47

Scanned with OKEN Scanner

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI – 1990